This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

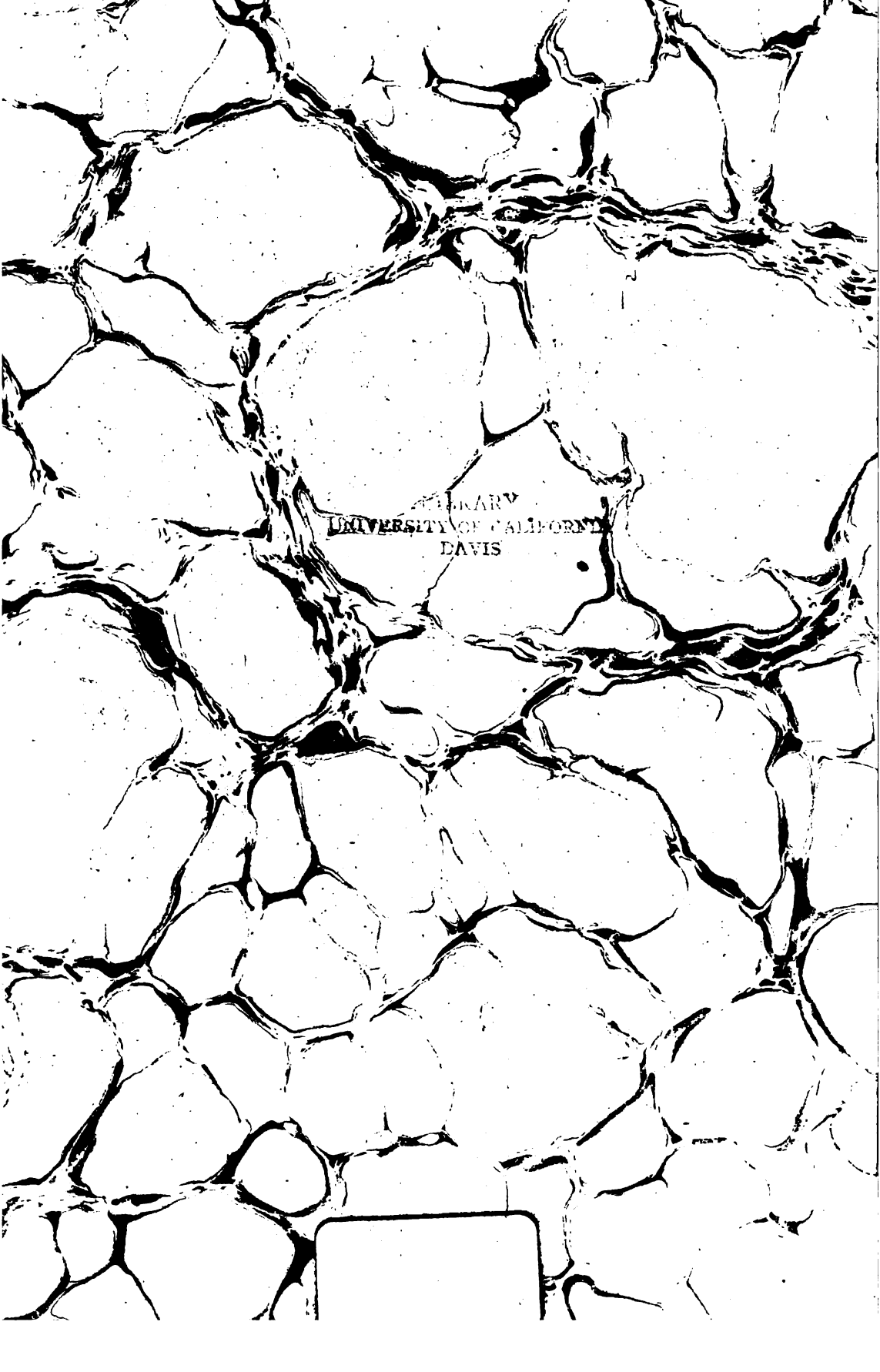
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

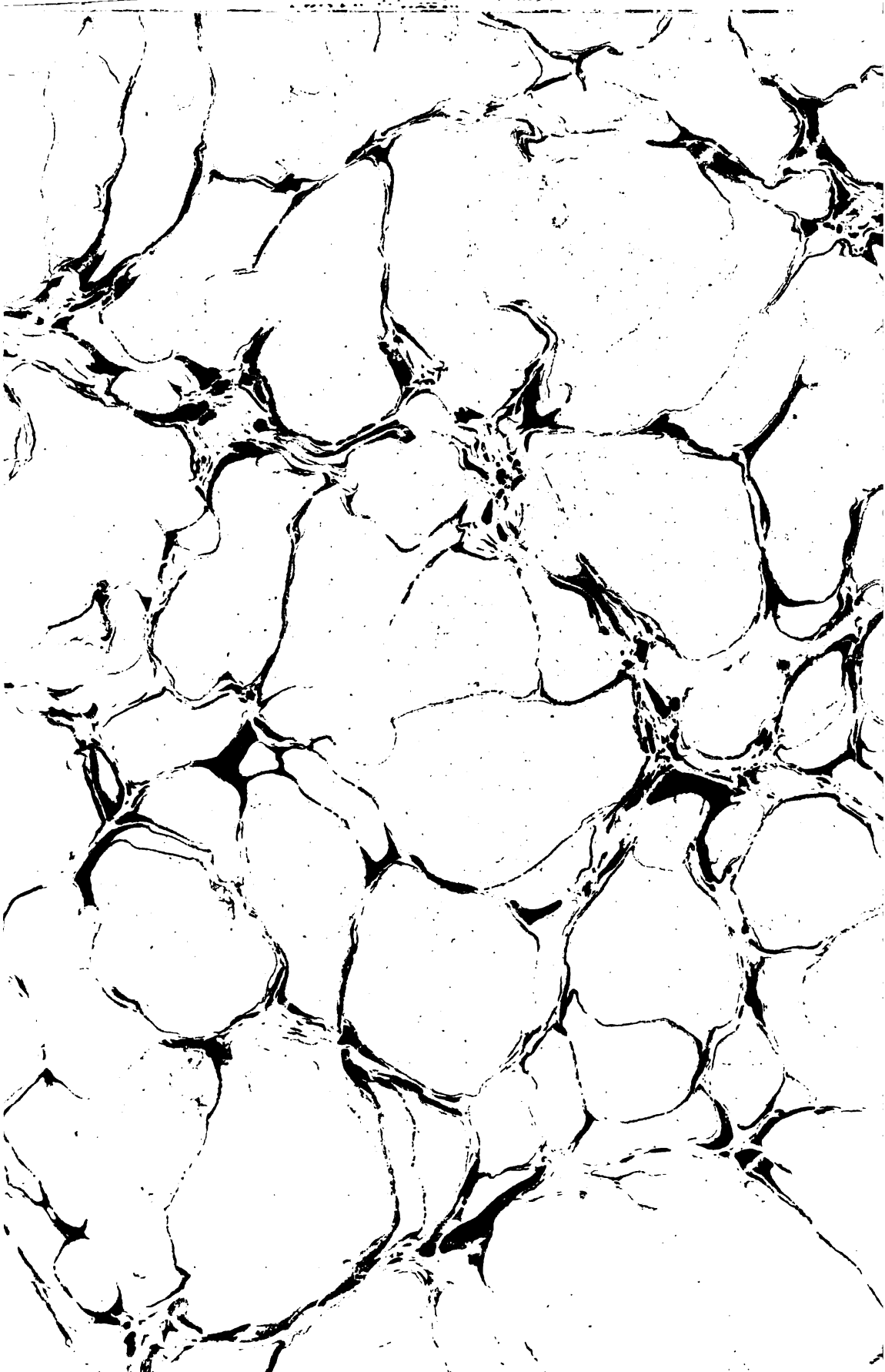
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

B 3 755 983


LIBRARY
UNIVERSITY OF CALIFORNIA
DAVIS



MINÉRALOGIE

DE

LA FRANCE

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS

A. LACROIX

Professeur de minéralogie au Muséum d'histoire naturelle

MINÉRALOGIE
DE LA FRANCE
ET
DE SES COLONIES

DESCRIPTION PHYSIQUE ET CHIMIQUE DES MINÉRAUX
ÉTUDE DES CONDITIONS GÉOLOGIQUES
DE LEURS GISEMENTS

TOME TROISIÈME

1er FASCICULE

P.J.E.E.CHAMBOST
R -4 JUIL 1911
PARIS

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE. CH. BÉRANGER, ÉDITEUR
SUCCESSEUR DE BAUDRY ET Cie
15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15
MAISON A LIÈGE, RUE DE LA RÉGENCE, 21

1901

Tous droits réservés

PARIS
IMPRIMERIE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE
DAVIS

INTRODUCTION DU TOME III

Dans l'Introduction du tome II, j'annonçais que l'abondance des matériaux recueillis me forçait à augmenter le nombre des volumes prévus pour mon livre et à entreprendre la publication d'un Tome III. Au moment où celui-ci commence à s'imprimer, je suis contraint, pour la même cause, à le diviser à son tour et à le faire suivre d'un quatrième et dernier volume.

L'impression de ce Tome IV suivra sans interruption celle du présent volume. Il comprendra l'étude des *Sulfates*, *Molybdates*, *Tungstates*, *Borates*, *Aluminates*, *Ferrites*, *Antimonites*, *Phosphates*, *Arséniates*, *Antimoniates*, *Vanadates*, *Niobates*, *Tantalates* et *Corps d'origine organique*. Il se terminera par des tables géographiques détaillées, permettant de retrouver facilement les minéraux existant dans chacune des nombreuses localités étudiées dans le cours de cet ouvrage.

Le présent volume, consacré à l'étude des *Oxydes*, des *Hydroxydes*, des *Nitrates*, des *Carbonates*, des *Plombates* et des *Manganites*, renferme quelques-unes des espèces les plus communes dans la nature, telles que le quartz, l'hématite, la limonite, la calcite. Je me suis par suite trouvé dans la nécessité de faire un choix parmi les innombrables gisements français de

ces minéraux et de ne m'occuper que de ceux qui m'ont paru les plus typiques ou les plus intéressants. Je me suis attaché à suivre ces minéraux dans leurs différents modes de formation, beaucoup plutôt qu'à citer des localités nombreuses. Les difficultés que j'ai rencontrées à synthétiser mes observations me font espérer que le résultat de ce travail ne sera pas inutile au point de vue général.

A mesure que mon livre approchait de sa fin, le nombre des communications qui m'ont été faites a augmenté en même temps que celui de mes observations personnelles sur le terrain : je tiens à remercier collectivement ici les nombreux minéralogistes ou géologues qui m'ont aidé de leurs documents et dont les noms sont cités dans le cours des pages qui suivent.

Paris, 1er Juillet 1901.

A. LACROIX.

MINÉRALOGIE DE LA FRANCE

OXYDES ET HYDROXYDES

OXYDES

EAU

H^2O

L'eau se rencontre à trois états : 1° à l'état gazeux, α, à 100° C. sous la pression de 760^{mm} ou à des températures plus élevées ou plus basses, sous une pression supérieure ou inférieure à 760^{mm} ; β, à toute température dans l'atmosphère, sous forme de *vapeur d'eau* ; 2° à l'état liquide (*eau* proprement dite) entre 0° et 100° C. et à l'état de surfusion à une température inférieure à 0° ; 3° à l'état solide (*glace*) à 0° C. et au-dessous, le point de congélation s'abaissant avec la pression.

La glace seule rentre dans le cadre de cet ouvrage.

GLACE

Hexagonale et sans doute hémimorphe.

[$a : c = 1 : 1{,}4026$ env. (Nordenskiöld)].

Formes observées. Les formes distinctes sont rares dans les cristaux de glace ; des formes cristallitiques fort belles s'observent dans la neige. La glace se trouve souvent en lames, en masses grenues ou stalactiformes.

Cassure conchoïdale.

Dureté. 1, 5. Fragile à basse température, plus cohérente au voisinage du point de fusion.

Densité. 0,9181 à 0° C. (Nichols).

Coloration et éclat. Incolore, bleu pâle dans les masses épaisses (glaciers). Transparente ou translucide. Éclat vitreux.

Propriétés optiques. Uniaxe et *positive* (n_g).

$n_g = 1{,}30734$ rouge (Reusch).
$n_p = 1{,}30598$.
$n_g - n_p = 0{,}00136$.

Composition chimique. La formule H^2O correspond à la composition suivante : H = 11,1. O = 88,9.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

1° *Glace produite par congélation d'eau.*

Glace des rivières et des lacs. La glace qui se produit par la cristallisation de l'eau des ruisseaux, des rivières, des lacs et de l'eau imbibant le sol, est constituée par de grands cristaux, toujours orientés de telle sorte que leur axe vertical soit normal à la surface libre du liquide. Il suffit d'examiner au microscope en lumière convergente une lame de glace, recueillie à la surface d'un verre d'eau congelée, pour constater qu'elle est perpendiculaire à un axe optique unique de signe positif.

Ayant été, il y a quelques années, immobilisé pendant plusieurs jours dans un campement au lac Bleu (massif du pic du Midi de Bigorre), j'ai eu l'occasion d'observer un phénomène intéressant de cristallisation de la glace. Le sol est constitué par des schistes, recouverts d'une mince couche de très petits fragments de la même roche ; le matin, ceux-ci étaient soulevés par des aiguilles de glace, disposées perpendiculairement au sol. Sous l'influence du poids des petits grains schisteux soulevés par elles, ces aiguilles étaient recourbées comme le sont parfois les turions d'asperge poussant dans un sol pierreux. Il était extrêmement curieux de racler avec la main la surface du sol pour enlever une mince couche de fragments schisteux, et de mettre au jour une grande quantité de ces fibres courbes de glace.

Les conditions nécessaires à la production de cette glace fibreuse semblent consister dans l'absence de terre végétale, et l'existence de gravier reposant en couches minces sur un substratum rocheux.

Pasumot a décrit un cas analogue de glace fibreuse observé par lui en 1764, au Mont-Dore (J. P. XXIII.62.1783).

Tout le monde connaît les cristallisations de glace qui se produisent contre les vitres des fenêtres : leurs formes cristallitiques rappelant celles de la neige sont soumises à la même loi cristallographique que la glace des rivières, leur axe principal est toujours perpendiculaire à la surface du refroidissement.

Stalactites. Les stalactites de glace qui, par les temps froids, pendent des toits ou des goutlières ont la même structure que le type le plus habituel des stalactites de calcite; elles sont constituées par un grand nombre d'individus, dont l'axe optique est perpendiculaire à l'axe d'allongement de la stalactite.

1° *Glace produite par précipitation atmosphérique.*

Toutes les fois que les précipitations atmosphériques se produisent à une température inférieure à 0° C., il y a formation de glace qui, suivant les conditions dans lesquelles s'effectue la cristallisation, prend la forme de *grésil* ou de *grêle*, de *neige*, de *gelée blanche*, de *givre* ou de *verglas*.

Grésil et grêle. Le *grésil* et la *grêle* prennent naissance par condensation rapide effectuée dans un milieu riche en gouttes d'eau en surfusion, à une température inférieure à 0°. Le *grésil* est formé par de très petits grains blancs, opaques, de glace spongieuse et friable (1 à 3 ^{mm} de diamètre en moyenne).

La *grêle* est constituée par des agrégats cristallins, parfois transparents, et, dans d'autres cas, composés d'alternances de zones tran parentes et opaques qui indiquent de grandes variations dans les conditions de la cristallisation.

La forme des grêlons est très variée ; ils sont souvent globulaires, parfois renflés au pôle ou à l'équateur, hérissés de pointements cristallins. Leur diamètre varie de 5 millimètres à 2 centimètres et dans des cas exceptionnels on en a trouvé de dimensions plus grandes pesant jusqu'à 1 kilog. Les coupes transversales de grêlons montrent qu'ils sont tantôt formés par des zones concentriques autour d'un

grain de grésil, et tantôt constitués à la façon des sphérolites, par des aiguilles divergeant à partir du centre; leur structure rappelle alors celle des nodules de marcasite (t. II, p. 693, fig. 17 et 18). En se heurtant au sol, ces grêlons se brisent souvent, et donnent alors des fragments plus ou moins coniques.

Dans quelques cas, assez rares, les grêlons offrent à leur périphérie des cristaux à formes très nettes, rappelant celles du quartz; l'angle des deux faces $b^{1/2}(10\bar{1}1)$ adjacentes (129°39′) étant voisin de l'angle p $e^{1/2}$ de ce minéral (133°44′).

Le grésil est plus fréquent pendant l'hiver que pendant l'été; c'est la forme que revêt la grêle dans les orages produits à basse température. La grêle, au contraire, est caractéristique des orages des saisons chaudes.

Neige, névés et glaciers. Les précipitations atmosphériques effectuées d'une façon lente et continue pendant l'hiver et au-dessous de 0° C. donnent lieu à la neige.

Les cristaux de neige constituent également, on le sait, certaines catégories de nuages (*cirrus et cumulocirrus*). Les cristaux de celle-ci, se formant librement dans un milieu peu condensé, ont alors des formes nettes; ce sont, le plus généralement, des lames hexagonales cristalliques, de quelques millimètres de diamètre.

Les formes élégantes, délicates et variées des cristaux de neige, sont trop connues pour qu'il soit nécessaire de les décrire; je renvoie cependant aux nombreuses photographies du mémoire que M. G. Nordenskiöld a publié dans le *Bulletin de la Société minéralogique* (XVI.59. 1893); la plus grande partie des cristaux photographiés est constituée par des cristallites hexagonaux, souvent dendritiques, rappelant parfois des formes organiques. Plus rarement, la neige est formée par des prismes hexagonaux basés ou des aiguilles, allongées suivant l'axe vertical, et renfermant des inclusions d'eau à l'état de surfusion, avec une bulle d'air; ces variétés aciculaires de neige se forment surtout à très basse température.

Les cristaux isolés et très nets de neige ne peuvent être observés que par un temps à la fois calme et très froid. Quand, en effet, la température n'est pas très basse, les cristaux s'agglomèrent pour constituer les *flocons de neige*, mélange de cadavres de cristaux, imbibés par l'eau résultant de leur fusion partielle. C'est surtout sous cette forme que la neige s'observe dans nos régions tempérées.

Toutes ces variétés de neige, une fois à terre, se transforment rapidement en petites lames hexagonales dépourvues de formes cristallitiques.

Dans les régions montagneuses, à partir d'une certaine altitude, variable avec la latitude, l'exposition, la sécheresse de l'air, l'action lente de certains vents chauds, etc., la neige ne fond qu'incomplètement pendant l'été, ou même ne fond pas. C'est dans cette zone de *neiges persistantes* que s'observent surtout les *névés*, et exclusivement les *glaciers*.

Névés. Les cristaux de neige, une fois à terre, se tassent. Sous l'influence du soleil, ils fondent en partie, s'arrondissent, pendant que l'eau résultant de leur fusion circule dans la masse. Si la température est convenable, elle se congèle à son tour pour nourrir des grains cristallins déjà formés ; en même temps, une partie de l'air, emprisonnée dans l'amas de neige, est expulsée. C'est ainsi que, dans la zone des neiges persistantes des régions montagneuses, se forment les *névés*, agrégats de grains de glace à structure miarolitique, de beaucoup plus cohérents que la neige elle-même (1 mètre cube de névé pèse de 5 à 600 kilog., alors que le poids du même volume de neige fraîchement tombée, n'est que de 85 kilog.).

La transformation de la neige en névés exige certaines conditions de température qui ne sont pas réalisées à de très grandes altitudes (sommet du Mont-Blanc par exemple) où la neige reste généralement à l'état floconneux. A une altitude plus basse, au contraire, sous l'influence de la chaleur solaire et de la pression subie par les grandes accumulations de neige, les phénomènes qui ont transformé la neige en névé s'accentuent, les pores de ceux-ci deviennent de moins en moins nombreux, la roche prend une densité plus grande et se transforme peu à peu en glace bulleuse et, par suite, laiteuse (à comparer à ce point de vue au quartz laiteux des filons) ; à ce moment, le mètre cube de glace pèse près de 900 kilog.

Glaciers. La glace des glaciers, ainsi formée, peut être comparée au point de vue de la structure à celle d'un quartzite ; elle est constituée par une série d'individus enchevêtrés, pouvant s'accroître peu à peu par apport de matière nouvelle qui s'oriente sur eux jusqu'au moment où la masse est devenue complètement homogène, par disparition des cavités ou bulles d'air originelles. Quant à la glace plus homogène, produite aux dépens de cette glace en quelque sorte primaire, grâce aux phénomènes de regel (liquéfaction sous l'influence de la pression et recristallisation), on peut, dans bien des cas, la comparer à un

véritable marbre, produit par la cristallisation contemporaine de tous les individus cristallins qui la constituent.

Bertin avait cru voir que, dans les parties anciennes (glace bleue) du glacier de Grindenwald, les individus constituant la glace prennent par recristallisation une orientation uniforme (axe optique perpendiculaire aux parois) ; les observations plus récentes de Klocke sont venues montrer qu'il n'en est pas ainsi, et que toute la glace de tous les glaciers a la même structure, non orientée. M. Mc Connel (*Proc. Roy. Soc.* XLVIII. 259. 1890 et XLIX. 323. 1891) a fait voir que les cristaux élémentaires de la glace sont lamelleux suivant la base et non extensibles, mais ces lames peuvent se plier, glisser les unes sur les autres sous l'effort de la compression comme le feraient les étiquettes empilées en paquets. M. O. Mügge a confirmé cette observation (*N. J.*, 1895, II, 218) et montré qu'une lamelle ou un groupe de lamelles peuvent ainsi par compression sortir d'un cristal de glace avec une égale facilité dans toutes les directions parallèles à la base, mais non dans une direction perpendiculaire à celle-ci.

En France, on ne rencontre de glaciers que dans les Alpes, ceux des Pyrénées françaises sont extrêmement peu importants.

Gelée blanche. Quand, par un ciel serein (printemps et automne), la température est à quelques degrés seulement au-dessus de 0° C., la température du sol, qui lui est toujours inférieure de 5 à 6°, peut s'abaisser au-dessous de 0°, et alors la condensation de l'humidité atmosphérique, au lieu de se produire sous forme liquide (*rosée*) donne naissance à de petits cristaux de glace (*gelée blanche*) qui viennent couvrir la terre et les végétaux.

Givre. Lorsqu'un nuage ou un brouillard est formé par des gouttelettes d'eau en surfusion (température inférieure à 0°) et qu'il se trouve en contact avec des corps solides, il se produit à ses dépens des cristallites de glace qui constituent le givre.

Les cristallites de givre sont aplatis suivant la base, très ramifiés, ils sont d'ordinaire réunis en grand nombre, et séparés les uns des autres par une mince couche d'air.

Ils forment parfois à la surface des branches d'arbres, des brins d'herbe, des groupements à formes figurées, d'une élégance extrême et d'une blancheur éblouissante.

Dans nos climats, les brouillards étant généralement peu épais, par suite de la faible quantité d'humidité atmosphérique, les dépôts de

givre sont généralement peu épais. Il y a cependant des exceptions.

Dans les pays de montagnes, il n'en est pas de même, et l'on voit parfois des couches de givre atteindre plusieurs décimètres. Dans une ascension effectuée au mois de mai 1898, au pic de Sancy (Mont-Dore), j'ai eu l'occasion d'observer des fleurs de givre particulièrement belles.

Verglas. Une pluie formée d'eau en surfusion, tombant sur un sol lui-même à une température inférieure à 0°, se consolide immédiatement sous forme d'une couche continue, luisante et transparente de glace ; c'est là le *verglas*. Les arbres, les objets faisant saillie sur le sol sont, eux aussi, recouverts par des zones concentriques de verglas.

Dans le verglas, l'axe optique de la glace est toujours normal à la paroi, quelle que soit la forme de celle-ci (observations faites en 1899 dans le Jardin des Plantes). On peut comparer cette structure à celle de l'aragonite qui constitue la nacre de la coquille des mollusques.

On appelle aussi verglas la glace qui se forme par congélation du mélange de neige et d'eau produit par la fusion partielle de la neige, interrompue par un abaissement de température. La structure de cette glace est la même que celle de la glace de rivière.

MOLYBDITE

$Mo\,O^3$

Orthorhombique : $mm = 137°39'$.

$b : h = 1000 : 432{,}645 \quad D = 932{,}474 \quad d = 361{,}240.$

[$a : b : c = 0{,}3874 : 1 : 0{,}4747$ (Nordenskiöld)].

Formes et faciès. La molybdite ne se présente jamais en cristaux distincts, elle forme des masses capillaires ou plus souvent des agrégats d'aiguilles microscopiques, allongées suivant l'axe vertical. Elle constitue aussi de minces enduits.

Clivages. Clivage p (001) distinct, traces suivant h^1 (100) et g^1 (010).

Dureté. 1 à 2.

Densité. 4,5.

Coloration et éclat. Jaune-paille à jaune d'or. Les cristaux présentent un éclat adamantin, nacré sur le clivage p (001) ; le plus souvent les enduits ont un aspect terreux. Poussière d'un blanc jaune.

Le minéral se résout au microscope en aiguilles transparentes.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à h^1 (100). Bissectrice aiguë *positive* (n_g) perpendiculaire à p (001), avec $\rho > v$. L'écartement des axes n'a pu être mesuré autour de n_p : autour de n_g, Des Cloizeaux a trouvé $2\,H_o = 117°\ 15'$ (rouge) et 127° environ (bleu).

Ces propriétés ont été observées sur des cristaux d'acide molybdique artificiel. La molybdite naturelle se présente en aiguilles trop petites pour que l'on puisse les étudier en lumière convergente. J'ai pu constater seulement sur les échantillons de Corse et des Alpes la forte biréfringence, l'extinction longitudinale, le signe positif de l'allongement, et enfin le pléochroïsme.

Pléochroïsme. La molybdite est très pléochroïque dans les teintes jaunes. Le maximum d'absorption a lieu dans la direction de l'axe vertical : quand les aiguilles ont quelques dixièmes de millimètre d'épaisseur, elles sont presque noires, suivant n^g, alors que suivant n_p et n_m, la coloration est d'un jaune pâle.

Composition chimique. La composition centésimale correspondant à $Mo\,O^3$ est :

Mo	66,7
O	33,3
	100,0

Essais pyrognostiques. Fond au chalumeau et se sublime près de l'essai en petites aiguilles jaunes. Au feu réducteur, l'enduit cristallin devient bleu, puis noir. Au chalumeau, avec le borax, donne une perle jaune à chaud, incolore à froid (feu oxydant) et au feu réducteur une perle brune ou noire opaque. Avec le sel de phosphore, donne une perle jaune à chaud au feu oxydant et verte par refroidissement, après avoir été chauffée au feu réducteur.

Tandis que l'anhydride molybdique artificiel est très soluble dans l'ammoniaque, la molybdite naturelle ne s'y dissout que difficilement, en prenant tout d'abord une couleur jaune brun foncé (molybdite de Corse).

Soluble dans l'acide chlorhydrique.

Diagnostic. Se distingue de la tungstite par sa fusibilité, sa solubilité dans l'acide chlorhydrique, sa réaction avec le sel de phosphore,

ses réactions colorées et enfin par son association presque constante avec la molybdénite[1] ; elle se différencie des minéraux d'urane par sa solubilité dans l'ammoniaque et ses réactions chimiques.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La molybdite est un produit d'altération de la molybdénite qu'elle accompagne en plus ou moins grande abondance dans toutes les catégories de gisement citées dans le tome II, p. 461. Elle s'y présente en enduits jaunes soit à la surface de ce minéral, soit à son voisinage. Il y a lieu de signaler tout particulièrement les localités suivantes :

Plateau Central. — *Haute-Vienne.* Dans les gisements stannifères de Cieux, Vaulry ; dans le filon de wolfram de Saint-Léonard ; dans la pegmatite de la Vilate.

Alpes. — *Hautes-Alpes.* A la surface de la molybdénite du glacier de la Meije, en poudre jaune très cristalline.

Corse. — La collection de l'École des Mines possède de fort beaux échantillons de molybdite jaune en petits amas provenant d'un filon de quartz situé entre Calvi et Argentella. L'examen microscopique montre la très grande cristallinité du minéral : les aiguilles qui le constituent sont souvent groupées en faisceaux ; ce sont elles qui m'ont permis d'étudier quelques-unes de leurs propriétés optiques.

1. La molybdite et la tungstite fondues avec du carbonate de soude, et ajoutées, dans un verre de montre, à une dissolution des réactifs suivants dans quelques gouttes d'acide sulfurique pur, donnent à celui-ci les colorations suivantes (celles qui sont caractéristiques sont en italiques) :

	WO^3	MoO^3
Morphine	rose pâle	violet devenant rapidement *vert sale.*
Naphtol α	o	*vert*
Hydroquinone	*carmin* (réaction lente)	*brun.*

La solution chlorhydrique de la molybdite, colore immédiatement en vert la solution sulfurique de morphine.

Ces réactions colorées servent de diagnostic différentiel aux molybdates et aux tungstates.

TUNGSTITE

WO^3

Orthorhombique : $mm = 110°$.

$b : h = 326{,}925 \quad D = 819{,}155 \quad d = 573{,}572.$
$[a : b : c = 0{,}7002 : 1 : 0{,}3991.$ (Nordenskiöld)$]$.

Formes et faciès. Dans la nature, la tungstite forme des enduits pulvérulents qui ne paraissent pas cristallisés.

Densité. 6,302 à 6,384 (cristaux artificiels).

Coloration et éclat. Jaune pâle avec parfois une teinte verte. Terreuse.

Composition chimique. La formule WO^3 exige :

W	= 79.3
O	= 20.7
	100.0

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, noircit sans fondre. Avec le sel de phosphore donne au feu oxydant une perle d'un vert jaune qui devient bleue à froid après avoir été chauffée au feu réducteur.

Soluble dans l'ammoniaque. Insoluble dans les acides.

Diagnostic. La tungstite se distingue de la meymacite par l'absence d'eau. (Voir à *meymacite* et à *molybdite.*)

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La tungstite est un produit d'altération du wolfram ; elle forme, dans les gisements de ce minéral qui seront décrits plus loin, des enduits terreux jaunes ; je l'ai observée dans les localités suivantes :

Plateau Central. — *Haute-Vienne.* La Vilate près Chanteloube, route de Pompadour à Magnac, Vaulry, Cieux, Puy-les-Vignes près Saint-Léonard.

Dufrénoy (*Minér.* 520.1856) signale dans un échantillon de wolfram et de quartz provenant des carrières de Limoges (sans doute de la Vilate, malgré son éloignement de cette ville), de petits cristaux de tungstite ayant l'apparence de cubes nacrés d'un blanc jaunâtre.

La forme indiquée n'est pas celle de l'acide tungstique artificiel ; l'échantillon en question faisant partie de la collection Adam (École des Mines) supporte un petit nombre de très petits cristaux à *apparence* cubique, mais qui semblent être constitués par de la wulfenite.

Corrèze. A Meymac, la tungstite se trouve dans les fentes de wolfram altéré alors que la meymacite (voir plus loin) est localisée dans la scheelite.

GROUPES DE L'ARSÉNOLITE ET DE LA CLAUDÉTITE

GROUPE DE L'ARSÉNOLITE	Densité.		GROUPE DE LA CLAUDÉTITE	Densité.
Arsénolite...	3,70 à 3,72	As^2O^3	*Claudétite*.....	4,151
Senarmontite.	5,22 à 5,30	Sb^2O^3	*Valentinite*.....	5,56

Les minéraux du groupe de l'arsénolite sont cubiques ; quant à la claudétite et à la valentinite, tout en ayant des paramètres très voisins, elles cristallisent, la première dans le système monoclinique, la seconde dans l'orthorhombique.

GROUPE DE L'ARSÉNOLITE

ARSÉNOLITE

As^2O^3

Cubique.

Formes et faciès. La seule forme connue est l'octaèdre régulier a^1 (111) ; les cristaux sont souvent remarquablement nets et brillants, mais les cristaux cristallitiques et squelettiformes sont également très fréquents, comme dans la plupart des minéraux produits par sublimation.

L'arsénolite forme souvent des masses fibreuses, columnaires, botroydes, des croûtes et des enduits constitués par des octaèdres microscopiques.

Dureté. 1,5

Densité. 3,7 à 3,72

Saveur. La saveur est astringente et en même temps douceâtre.

Coloration et éclat. Incolore, blanche, souvent colorée en jaune ou en rouge par de l'orpiment, du soufre ou du réalgar.

Éclat vitreux, quelquefois soyeux dans les masses fibreuses. Transparente, quelquefois opaque.

Propriétés optiques. Monoréfringente. N = 1.748 (Li); 1.755 (Na) (Dx).

Composition chimique. La formule $As^2 O^3$ correspond à la composition centésimale suivante :

As	75.8
O	24.2
	100.0

Essais pyrognostiques. Dans le tube fermé, se volatilise et se dépose sur les parois froides sous forme de petits octaèdres. Au chalumeau, donne des fumées blanches, à odeur alliacée et un enduit blanc. Un peu soluble dans l'eau bouillante.

Diagnostic. Les réactions pyrognostiques distinguent aisément l'arsénolite de la senarmontite ; sa forme la différencie de la claudétite.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

L'arsénolite est un produit d'altération des arséniures et des sulfoarséniures métalliques. On la trouve :

1° dans les filons métallifères ;

2° dans les houillères embrasées ;

3° dans les produits du grillage artificiel des minéraux arsenicaux.

1° *Dans les filons métallifères.*

La plupart des gisements dans lesquels ont été signalées la cobaltite et la smaltite renferment, associés à ces minéraux des enduits terreux ou finement cristallins formés d'octaèdres microscopiques. Je citerai notamment les mines de Gistain [*Aragon*], de Sainte-Marie-aux-

Mines [*Alsace*], des Chalanches (*Isère*) qui n'ont du reste fourni que des échantillons sans grand intérêt. L'arsénolite est parfois mélangée à l'érythrite terreuse des mêmes gisements.

2° *Dans les houillères embrasées.*

L'arsénolite est un des minéraux de sublimation les plus fréquents que l'on rencontre à la surface des roches brûlées par les incendies spontanés des mines de houille ou de leurs tas de déblais apportés au jour (voir t. II, 768). Ce minéral s'y présente sous forme d'octaèdres incolores ou blanc laiteux, parfois colorés en rouge par du réalgar ou en jaune par de l'orpiment ou du soufre. Leurs formes sont d'une netteté parfaite, leurs faces brillantes et souvent creusées de cavités profondes ; dans d'autres cas, ils sont squelettiformes, cristallitiques. On trouve aussi des masses cristallines ou fibreuses, quelquefois associées au salmiac.

Les gisements qui ont fourni les plus beaux cristaux, offrant le même aspect dans des localités différentes, sont ceux d'Aubin, de Decazeville (Lasalle) (*Aveyron*), les environs de Saint-Étienne (*Loire*), et en particulier, Reveux, le Brulé, la Ricamarie, les mines de Perrecy-les-Forges et de Montceau-les-Mines (*Saône-et-Loire*), etc.

3° *Dans les produits du grillage artificiel des minéraux arsenicaux.*

L'arsénolite se produit fréquemment dans les opérations du grillage des minerais arsenicaux. Fournet a signalé autrefois (*Ann. Soc. Agr. Lyon*, VI, 320) de beaux cristaux de ce minéral obtenus par la calcination de la pyrite cuivreuse, mélangée de tennantite de Chessy (*Rhône*).

SENARMONTITE

Sb^2O^3

Pseudo-cubique.

Formes et faciès. La senarmontite cristallisée se présente uniquement en octaèdres a^1 (111), isolés ou groupés en géodes. Ils sont fré-

quemment constitués par le groupement à axes parallèles d'un grand nombre d'individus semblables. Leurs faces et leurs clivages sont souvent ondulés et courbes. On trouve aussi la senarmontite en masses grenues ou tout à fait compactes.

Dureté. 2 à 2,5

Densité. 5,22 à 5,30

Coloration et éclat. Incolore, blanche, gris noir (colorée par de la stibine), rouge (colorée par de la kermésite).

Éclat résineux et adamantin. Transparente, translucide ou opaque. Poussière blanche.

Propriétés optiques. Des Cloizeaux a montré depuis longtemps (*Nouv. Recherches*, 1867, 9) la biréfringence de la senarmontite et l'analogie de ses propriétés optiques avec celles de la boracite. Depuis lors, le minéral a été étudié en détail par Mallard (*A. M.* X, 108, 1876) qui l'a interprété comme le grenat topazolite (triclinique) (voir tome I), par MM. E. Bertrand (*B. S. M.*; IV, 11, 1881), Gross-Bohle (monoclinique) (*Z. K. V.*, 222, 1881), Prendel (T. M. XI, 7, 1889) (monoclinique) et enfin par M. Brauns qui lui applique la théorie des tensions internes (*Die optische Anomalien* Leipzig, 1891, 183).

Voici les propriétés des sections taillées parallèlement aux faces du cube, de l'octaèdre et du rhombododécaèdre; les secteurs ne présentant pas toujours la même netteté que dans les grenats, leur limite se fait souvent par des lignes sinueuses, avec fréquentes superpositions.

Une lame parallèle à p (100) montre 4 ou 8 secteurs; en lumière convergente, on voit qu'un axe optique est presque normal à la section (fig. 1), seul M. Prendel considère cet axe comme très oblique à cette section.

Une lame parallèle à a^1 (111) présente trois plages dont la limite de séparation se fait suivant les diagonales (voir fig. 20, page 213 du tome I); le plus grand indice est parallèle ou à peu près parallèle aux côtés de la section.

La figure 2 représente, d'après Mallard, la structure d'une section b^1, normale à la bissectrice aiguë et au plan des axes optiques, l'angle des axes optiques étant voisin de 90°. M. Gross-Bohle et M. Brauns ont décrit une disposition un peu différente d'où il résulterait que l'extinction ne se fait pas obliquement, mais parallèlement aux diagonales de la face; ces propriétés rappellent donc celles de la pyrénéite et non celles de la topazolite.

La senarmontite devient monoréfringente par chauffage, mais à l'inverse de la boracite, le changement d'état n'est pas entièrement réver-

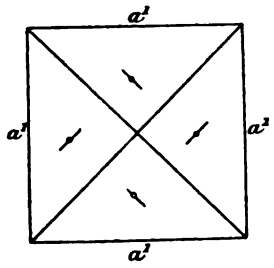


Fig. 1.
Section parallèle à p (100).

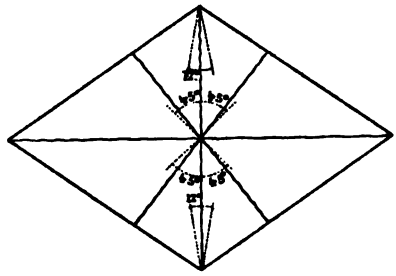


Fig. 2,
Section parallèle à b^1 (110), d'après Mallard.

sible. Par sublimation, elle se transforme en un mélange de valentinite et de senarmontite monoréfringente.

M. Brauns a montré que, comme pour la blende, lorsqu'on exerce une pression avec une pointe à la surface d'une lame de senarmontite monoréfringente naturelle ou artificielle, on détermine la production d'une biréfringence persistante.

L'indice médian a été mesuré par Des Cloizeaux :

$$N = 2.073 \text{ (rouge)}, 2.087 \text{ (jaune)}.$$

Composition chimique. La formule $Sb^2 O^3$ correspond à la composition centésimale donnée en *a*. (*b*) analyse de la senarmontite d'Algérie par Rivot (in Senarmont., *op. cit.*)

	a)	*b)*
Sb	83.3	84.32
O	16.7	15.68
	100.0	100.00

D'après Rivot, quelques variétés renferment environ 10 % de plomb (à l'état d'impureté), les variétés compactes grises de 1 à 3 % d'argile.

Essais pyrognostiques. Dans le tube fermé, fond et donne un faible sublimé. On a vu plus haut qu'à plus haute température, elle se sublime en donnant des octaèdres de senarmontite et des aiguilles de valentinite. Au chalumeau, facilement fusible en donnant un enduit blanc qui, au feu réducteur, colore en bleu verdâtre l'extérieur de la flamme.

Insoluble dans l'eau ; soluble dans l'acide chlorhydrique ; la solution donne les réactions de l'antimoine.

Altérations. On connait des paramorphoses de senarmontite en valentinite.

Diagnostic. La senarmontite se distingue aisément de la valentinite par sa forme cristalline et sa densité plus faible. (Voir à arsénolite et à valentinite.)

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Dans le principal de ses gisements, la senarmontite constitue à elle seule un gite métallifère où elle semble d'origine primaire : elle existe dans d'autres cas comme produit d'altération de la stibine.

Plateau Central. — *Puy-de-Dôme.* De petits octaèdres de senarmontite ont été signalés par M. Gonnard (*op. cit.*, 118) sur la stibine d'Anzat-le-Luguet.

Algérie. — *Constantine.* La senarmontite a été décrite par de Senarmont sous le nom d'*antimoine oxydé octaédrique*, d'après des échantillons provenant de la mine du Djebel-Haminate, à 30 kil. N.-O. d'Aïn-Beïda (*A. C. P.* XXXI. 504. 1851) ; son nom lui a été donné par J. Dana dans un compte rendu du mémoire du savant français, publié dans l'*American Journal of science* (XII. 209. 1851).

Le gisement est inclus dans des alternances de marnes schisteuses, bitumineuses et de calcaires, appartenant au gault (d'après M. Blayac) ; ce sont des filons en chapelets, étranglés quand ils se trouvent dans les marnes schisteuses. Les parties riches se rencontrent surtout au contact des calcaires et des marnes. Le minerai dominant est la senarmontite compacte, blanche ou grise, translucide ou absolument opaque, à cassure conchoïdale, pierreuse ; çà et là, s'observent des fissures, tapissées de beaux cristaux transparents.

On rencontre aussi des blocs formés par l'enchevêtrement de gros cristaux, atteignant plusieurs centimètres de plus grande dimension et constituant parfois de belles géodes. La collection du Muséum possède de magnifiques échantillons de ce genre dans lesquels des octaèdres limpides recouvrent des surfaces de plusieurs décimètres carrés, ainsi qu'un bloc de près de 40 kil. entièrement constitué par de gros octaèdres ; ceux-ci atteignent deux centimètres et sont colorés en noir par de très fines aiguilles capillaires de stibine.

La senarmontite en octaèdres transparents tapisse aussi les cavités de masses de stibine cotonneuse ; elle est accompagnée alors d'aiguilles de kermesite, qui la colore parfois en rouge.

Enfin, des octaèdres de senarmontite se rencontrent aussi isolés dans la marne calcaire (fig. 3), d'où il est facile de les extraire à l'état de pureté parfaite, en faisant déliter au soleil la roche préalablement mouillée. Ils ont toujours les faces ondulées, et seuls, les cristaux des géodes ont leurs faces planes et très brillantes. De petits cristaux de barytine, des sphérolites de calcite sont parfois associés à la senarmontite.

Le gisement du Djebel-Haminate a fait à plusieurs reprises l'objet d'exploitations, il est abandonné aujourd'hui.

Fig. 3.
Octaèdres de senarmontite engagés dans la marne.
(*Photographie réduite au tiers environ.*)

GROUPE DE LA CLAUDÉTITE

CLAUDÉTITE

$$As^2\ O^3$$

Monoclinique[1] : $mm = 135°1'$.

$b : h = 1000 : 321{,}903 \quad D = 923{,}638 \quad d = 383{,}266.$

Angle plan de $p = 134°55'40''$.

— de $m = 91°24'15''$.

$[a : b : c = 0{,}41952 : 1 : 0{,}34852$ (Dx.)$]$

$xy = 87°20'$.

Faciès. Les cristaux de claudétite se présentent en petites lames g^1 (010), ressemblant à du gypse.

1. Des Cloizeaux a montré que ce minéral n'était pas orthorhombique et isomorphe de la valentinite comme l'avait fait penser sa composition chimique.

Macles. Macle fréquente par pénétration suivant h^1 (100).

Clivages. Clivage g^1 (010) parfait, donnant des lames flexibles. Cassure fibreuse suivant m (110).

Dureté. 2,5.

Densité. 3,85 à 4,15.

Coloration et éclat. Incolore, blanche ou jaunâtre. Éclat nacré très vif sur le clivage g^1, vitreux dans les autres directions. Transparente à translucide.

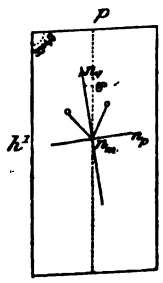


Fig. 1.
Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010).

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010). Bissectrice aiguë *positive* (n_g) faisant un angle de 6° environ avec l'axe vertical dans l'angle obtus de ph^1 (001) (100). (fig. 1). Dispersion forte avec $\rho < \nu$.

$$2\,H = 65°21'\ (Na).$$

Composition chimique et essais pyrognostiques. Comme arsénolite.

Diagnostic. La claudétite se distingue facilement de l'arsénolite par sa forme (elle constitue parfois des paramorphoses de ce minéral.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La claudétite n'est connue que dans un très petit nombre de gisements naturels [1] ; j'ai à l'étudier :

1° Dans les produits des houillères embrasées ;

2° Dans les produits accidentels d'usine.

1° *Dans les produits des houillères embrasées.*

Plateau-Central. — *Aveyron.* J'ai trouvé en petite quantité la claudétite parmi les produits de sublimation des incendies spontanés de la mine de houille de Lasalle (Decazeville). Elle s'y présente sous deux formes, en petites lames de quelques millimètres de longueur, ressemblant à du gypse (elles sont encroûtées par un peu de soufre et d'orpiment) et enfin en lames plus petites, implantées sur des

1. Les aiguilles blanches attribuées à l'acide arsénieux par les anciens auteurs et signalées à Sainte-Marie-aux-Mines sont constituées non par de la claudétite, mais par la *pharmacolite.*

octaèdres d'arsénolite ; ceux-ci sont devenus blancs et opaques. Cette association des deux formes d'acide arsénieux rappelle celle qui est connue à Szomolnok en Hongrie.

2° *Dans les produits accidentels d'usine.*

Des cristaux de claudétite ont été signalés par M. Scheurer-Kestner (*Bull. Soc. Chim.* X. 444. 1868) dans une usine d'acide sulfurique. Ils s'étaient produits dans le canal conduisant le gaz sulfureux du four à grillage des pyrites arsénicales à la chambre de plomb. Ces cristaux, formés dans un courant de gaz sulfureux, plus ou moins mélangé d'air, avaient la forme de prismes aplatis, blancs et opaques ; ils reposaient sur une masse pulvérulente de la même substance mélangée à des sulfates ferriques.

VALENTINITE

Sb^2O^3

Orthorhombique : $mm = 137°7'$ (Dx)[1].

$b : h = 1000 : 1292{,}434$. $D = 930{,}790$ $d = 365{,}554$.

$[a : b : c = 0{,}39273 : 1 : 1{,}38885.]$.

Formes observées. m (110), h^1 (100), h^2 (310) ; $a^{13/2}$ (2.0.13) ; e^4 (014) ; $x = (b^{1/7} b^{1/0} g^{1/28})$ (1.8.28) ; $v = (b^{1/2} b^{1/6} g^{1/13})$ (2.4.13).

Les angles suivants ont été mesurés par des Cloizeaux (Dx), sur des cristaux de l'Aude, par M. Laspeyres (Lp) sur ceux de Sensa.

	Angles calculés.	mesurés.		Angles calculés.	mesurés.
$*mm$	137°7′		vv coté	126°52′	126°20′30″ (Lp)
mh^1	158°33′30″		mx	104°1′	104°5′ (Dx)
mh^2	166°1′	166°30′ (Lp).	me^4	96°54′	96°15′ (Dx)
$a^{13/2} a^{13/2}$ sur p	122°54′		xe^4	172°53′	172°35′ (Dx)
$e^4 e^4$ sur p	141°42		$*g^1 y$	109°30′[2]	

1. M. Laspeyres a pris pour axe vertical une valeur quatre fois plus petite que celle qui est adoptée ici d'après Des Cloizeaux. On a alors m (110) = m (110), (Laspeyres), $a^{13/2}$ (2.0.13) = $a^{8/5}$ (508), v (2.4.13) = v (5.10.8), etc.

2. $y = (b^1 b^{1/3} g^{1/7})$ (127).

Faciès. Les cristaux de valentinite se présentent sous des aspects assez variés suivant les échantillons. On peut distinguer les trois types suivants :

Type I. Cristaux allongés suivant l'axe vertical et parfois aplatis suivant h^1 (100) ; c'est à ce type qu'appartiennent les cristaux d'Algérie (fig. 3 à 5).

Type II. Cristaux allongés suivant l'axe vertical et aplatis suivant g^1 (010) (cristaux de Přibram en Bohême).

Type III. Cristaux dépourvus de pinacoïdes, et formés par les faces m (110) et des clinodomes, avec ou sans allongement suivant l'axe a ; c'est à ce type qu'appartiennent les cristaux de l'Aude.

Les cristaux nets sont assez rares : généralement arrondis, ils donnent des mesures assez incertaines.

La valentinite se rencontre plus souvent en masses fibrolamellaires qu'en cristaux distincts ; elle forme d'ordinaire des masses bacillaires, étoilées, palmées, des sphérolites plus ou moins hérissés de pointes cristallines. Elle constitue aussi des masses compactes, grenues, lamellaires, columnaires ou ayant conservé les formes de la stibine aux dépens de laquelle elle se forme généralement.

Clivages. Clivages, parfait suivant g^1 (010), facile suivant m (110).

Dureté. 2 à 3.

Densité. 5,57.

Coloration et éclat. D'un blanc de neige, parfois rosée, grise ou brunâtre. Éclat adamantin, nacré suivant les lames de clivage g^1 (010). Poussière blanche. Transparente à translucide.

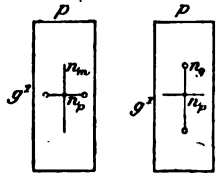


Fig. 1 et 2.

Face h^1 (100) perpendiculaire à la bissectrice aiguë : rayons rouges (fig. 1), rayons bleus (fig. 2).

Propriétés optiques. Bissectrice aiguë *négative* (n_p) perpendiculaire à h^1 (100) : le plan des axes optiques est parallèle à p (001) pour les rayons rouges (fig. 1), à g^1 (010) pour les rayons bleus (fig. 2). L'écartement des axes est très faible, le minéral est sensiblement uniaxe pour les rayons jaunes.

Dispersion très forte $\rho > \nu$, devenant $\rho < \nu$ quand les axes pour le rouge et pour le bleu sont dans le même plan. Vers 75°C, les axes pour le rouge se rapprochent légèrement et ceux pour le bleu s'écartent (Dx).

Composition chimique. La formule Sb^2O^3 correspond à la composition suivante :

Sb	83,3
O	16,7
	100,0

Essais pyrognostiques. Comme pour senarmontite.

Diagnostic. Voir à senarmontite. La valentinite se distingue aisément de la cervantite et de la stibiconite qui l'accompagnent souvent par sa structure très cristalline, sa couleur blanche et surtout sa grande fusibilité.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La valentinite est un minéral secondaire, résultant de l'altération de minerais d'antimoine et notamment de la stibine, de l'antimoine natif, de l'allemontite. Elle est très fréquemment associée et souvent intimement mélangée à la stibiconite et à la cervantite. Ces deux derniers minéraux dominent aux affleurements de la plupart des gisements décrits à l'article stibine (t. II, 449). Je ne m'occuperai ici que de ceux qui fournissent la valentinite en grande abondance ou avec des particularités intéressantes et dont j'ai examiné des échantillons.

Bretagne. — *Loire-Inférieure.* De petites rosettes de valentinite ayant de 3 à 4 mm. de plus grande dimension recouvrent quelques échantillons de stibine d'Erbray ; elles sont assez rares dans ce gisement.

Corbières. — *Aude.* La valentinite a été rencontrée à la mine de las Scorbes près Maisons, associée à de la stibine.

Des Cloizeaux (*op. cit.* II. 333) y a observé de très petits cristaux nets du type III, offrant l'aspect de la figure 4 de la page 668 du tome II : ils présentent en outre de *m* (110) et de e^4 (014), la forme *x* (1.8.28) consistant en troncatures linéaires dans la zone me^4.

Plateau Central. — *Haute-Loire.* J'ai observé d'assez jolis échantillons de valentinite lamellaire au milieu de la stibiconite provenant de la Chassagne en Saint-Just, près Brioude. Ce gisement est à ajouter à ceux de stibine que j'ai cités t. II, p. 451.

Alpes. — *Isère.* C'est dans la mine des Chalanches en Allemont que la valentinite a été découverte par Mongez qui la décrivit sous le

nom de chaux d'antimoine native (*J. P.* XXIII. 66. 1783). Le minéral passa ensuite pour un chlorure d'antimoine jusqu'à ce que Vauquelin en eût fait l'analyse.

Elle y forme de petites masses fibreuses divergentes ou lamelleuses; elle épigénise l'antimoine natif, plus rarement l'allemontite en se développant le long des clivages de ces minéraux. Un échantillon formé aux dépens d'allemontite et étudié par M. Laspeyres (*op. cit.* 192) ne renferme que des traces d'acide arsénieux, tout celui-ci ayant été enlevé par dissolution. La valentinite de ce gisement est parfois accompagnée de fibres de kermésite.

Algérie. — *Constantine*. Dans tous les gisements précédents, la valentinite n'est qu'un minéral accidentel; il n'en est plus de même

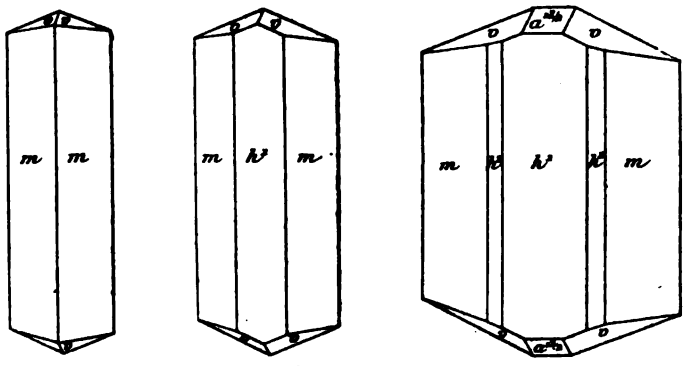


Fig. 3 à 5.
Valentinite de Sensa.

pour le gite suivant qu'elle constitue au contraire presque exclusivement : il a été autrefois exploité. La mine de Sensa (Senza) est située à 4 kil. de la mine de senarmontite d'Hamimate, sur le versant occidental de la même montagne et dans les mêmes conditions géologiques. C'est ce gisement qui a fourni les échantillons se trouvant dans les collections avec la mention Constantine ou Algérie.

Signalés par de Senarmont (*A. C. P.* XXXI. 504. 1851), les cristaux de valentinite de Sensa ont été étudiés depuis par M. Laspeyres (*Z. K.* IX. 179. 1884). Les fig. 3 à 5 représentent, d'après ce dernier, l'aspect habituel des cristaux de valentinite de Sensa qui sont allongés suivant l'axe vertical et présentent les formes m (110), h^2 (310), h^1 (100), o (2.4.13) et $a^{13/2}$ (2.0.13).

Ces cristaux se trouvent dans les cavités de masses à aspect carié, formées par des aiguilles capillaires, groupées parallèlement ou disposées en masses divergeantes ou palmées; leur éclat est adamantin et nacré. Les parois des cavités et l'extrémité libre des fibres de valentinite sont souvent d'un beau jaune vif et transformés en *cumengite*.

Fig. 6.
Valentinite fibreuse de Sensa.
(*Photographie un peu réduite.*)

Cette valentinite a été formée par épigénie de stibine. Il n'est pas rare de trouver de grands cristaux à formes distinctes de ce minéral, entièrement transformés en valentinite fibrolamellaire; celle-ci n'est pas orientée sur le minéral originel.

BISMITE

Bi^2O^3

Orthorhombique : $mm = 101°32.$

$b : h = 1000 : 824,730.$ $D = 778,467$ $d = 632,430.$
$[a : b : c = 0,8166 : 1 : 1,0640$ (Nordenskiöld)].

Faciès. La bismite naturelle est très rarement cristallisée sous forme de fines aiguilles, elle est le plus souvent amorphe et se présente en masses terreuses ou compactes.

Densité. La plupart des auteurs donnent pour densité de ce minéral 4,3 à 4,7; ces nombres sont peu vraisemblables, la densité de l'oxyde artificiel étant de 8,07 à 8,86. M. Carnot a indiqué pour la bismite de Meymac 9,22, nombre qui est au contraire trop fort, mais qui peut s'expliquer par des impuretés.

Fragile; cassure imparfaitement conchoïdale.

Coloration et éclat. Gris blanchâtre, vert jaune, jaune paille, parfois un peu brunâtre ; poussière de même couleur, mais plus claire. Éclat adamantin ou résineux, terne dans les variétés terreuses.

Composition chimique. La formule Bi^2O^3 correspond à la composition suivante :

Bi.....	89,6
O.....	10,4
	100,0

Mais d'ordinaire la bismite, formée par la décomposition de minéraux bismuthifères, est très impure. L'analyse suivante a été faite par M. Carnot (*C. R.* LXXIX. 478. 1874) sur la bismite de Meymac, celle-ci était probablement mélangée d'une petite quantité de bismuthite, etc.

Bi^2O^3....	96,70
As^2O^5....	0,13
Sb^2O^5....	0,22
PbO.....	0,55
FeO.....	0,16
SO^3.....	0,15
HCl.....	0,20
CO^2.....	0,68
H^2O.....	0,95
	99,74

Essais pyrognostiques. Dans le tube, donne un peu d'eau, devient jaune orangé, puis brune et redevient rose orangé à froid ; à haute température, fond en liquide rouge qui se solidifie en une masse vitreuse jaune. Sur le charbon, donne un bouton métallique de bismuth qui, au feu oxydant, fournit un enduit jaune d'oxyde. Soluble dans les acides (avec légère effervescence, quand elle est mélangée de bismuthite).

Diagnostic. La bismite offre une grande analogie avec la bismuthite avec laquelle elle est souvent associée ; les caractères extérieurs des deux minéraux sont très voisins ; ceux-ci se distinguent par la vive effervescence aux acides et l'eau donnée dans le tube par la bismuthite.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Plateau Central. — *Corrèze.* La bismite est un produit d'altération des minerais de bismuth ; elle a été rencontrée dans le filon de Meymac où elle résulte plus particulièrement de la décompo-

sition du bismuth natif, alors que la bismuthite semble s'être formée surtout par décomposition de bismuthinite. La bismite de Meymac forme des masses compactes à cassure conchoïde, à éclat un peu résineux, mélangée à de la bismuthite; sa couleur varie du jaune clair au brunâtre.

GROUPES DU QUARTZ ET DE LA TRIDYMITE

La silice cristallisée constitue deux groupes à propriétés très tranchées.

GROUPE DU QUARTZ		GROUPE DE LA TRIDYMITE
Quartz. (*Quartzine, calcédonite, lutécite*).	SiO^2	*Tridymite.*
Pseudocalcédonite.		*Cristobalite.*

Le quartz est rhomboédrique et plagiédrique ; il possède le pouvoir rotatoire ; ses propriétés peuvent être déduites de la considération des produits fibreux de même composition qui seront décrits plus loin sous les noms de *quartzine*, de *calcédonite* ; ils sont biaxes et comme lui optiquement *positifs*, alors que la pseudocalcédonite est optiquement *négative*. La densité du quartz est de 2,65. Le quartz subit à 570° C. un changement d'état reversible qui modifie ses propriétés optiques, sans détruire son mode de groupement.

Les minéraux du groupe du quartz sont instables au-dessus de 1000° C. et tout semble prouver qu'ils se sont formés dans la plupart de leurs gisements à basse température et souvent même à la température ordinaire. Au-dessus de 1000°, ils deviennent amorphes, mais recristallisent sous la forme de tridymite (briques de fonderies, enclaves dans les roches volcaniques).

Les minéraux du groupe de la tridymite ont une densité voisine de celle du quartz fondu (2,2) ; ils s'attaquent facilement par les alcalis, alors que le quartz résiste davantage à l'action de ceux-ci. La tridymite a un réseau pseudocubique, elle est orthorhombique, pseudohexagonale et à 130° C., subit un changement d'état reversible qui la rend rigoureusement hexagonale. La cristobalite est pseudocubique, quadratique

et à 175° C. subit un changement d'état reversible qui la rend rigoureusement cubique (voir Mallard, *B. S. M.* XIII, 176, 1890); elle est optiquement *négative*, alors que la tridymite est optiquement *positive*.

La tridymite et la cristobalite se sont formées à haute température. La tridymite peut se produire par fusion ; par voie secondaire, elle se transforme en quartz.

Ces deux groupes ont une importance géologique extrêmement inégale ; le quartz joue un rôle considérable dans la constitution de l'écorce terrestre, la tridymite n'est qu'un accident minéralogique de certaines roches volcaniques.

QUARTZ

SiO^2.

Rhomboédrique, hémiédrique holoaxe.

$pp = 94°15'$ (Dx).

angle plan de p (sommet) $= 93°57'30''$.

$[a : c = 1 : 1{,}79997]$.

Formes observées[1] : e^2 (10$\bar{1}$0) (2$\bar{1}\bar{1}$), d^1 (11$\bar{2}$0) (10$\bar{1}$), $k = (b^{1/11}\ d^{1/4}\ d^{1/7})$ (51$\bar{6}$0) (11.$\bar{4}$.7), $c = (b^{1/6}\ d^1\ d^{1/5})$ (7.4.$\bar{1}\bar{1}$.0) (6$\bar{1}\bar{5}$) ;

a^4 (10$\bar{1}$2) (411), p (10$\bar{1}$1) (100), e^{32} (11.0.$\bar{1}\bar{1}$.10) (3.2.$\bar{1}\bar{1}$), e^{26} (90$\bar{9}$8), (2.6.$\bar{1}\bar{1}$), e^{15} (16.0.$\bar{1}\bar{6}$.13) (15.$\bar{1}$.1), e^7 (80$\bar{8}$5) (7$\bar{1}\bar{1}$), $e^{13/2}$ (50$\bar{5}$3) (13.$\bar{2}$.2), e^6 (70$\bar{7}$4) (6$\bar{1}\bar{1}$), $e^{11/2}$ (13.0.$\bar{1}\bar{3}$.7) (11.$\bar{2}$.2), e^5 (20$\bar{2}$1) (5$\bar{1}\bar{1}$), $e^{21/5}$ (26.0.$\bar{2}\bar{6}$.11) (2.1.$\bar{5}\bar{5}$), $e^{7/2}$ (30$\bar{3}$1) (7$\bar{2}\bar{2}$), $e^{31/10}$ (41.0.$\bar{4}\bar{1}$.11) (31.$\bar{1}$0.$\bar{1}$0), e^3 (40$\bar{4}$1) (3$\bar{1}\bar{1}$), $e^{29/10}$ (13.0.$\bar{1}\bar{3}$.3) (29.$\bar{1}$0.$\bar{1}$0), $e^{31/11}$ (14.0.$\bar{1}\bar{4}$.3) (31.$\bar{1}\bar{1}$. $\bar{1}\bar{1}$), $e^{11/4}$ (50$\bar{5}$1) (11.$\bar{4}$.4), $e^{8/3}$ (11.0.$\bar{1}\bar{1}$.2) (8$\bar{3}\bar{3}$), $e^{13/5}$ (60$\bar{6}$1) (13.$\bar{5}$.5), $e^{5/2}$ (70$\bar{7}$1) (5$\bar{2}\bar{2}$), $e^{17/7}$ (80$\bar{8}$1) (17.7.7), $e^{7/3}$ (10.0.$\bar{1}$0.1) (7$\bar{3}\bar{3}$), $e^{9/4}$ (13. 0.$\bar{1}\bar{3}$.1) (9$\bar{4}\bar{4}$), $e^{11/5}$ (16.0.$\bar{1}\bar{6}$.1) (11.$\bar{5}$.5), $e^{31/15}$ (45.0.$\bar{4}\bar{5}$.16) (31.$\bar{1}\bar{5}$.$\bar{1}\bar{5}$) ;

$e^{1/2}$ (01$\bar{1}$1) (22$\bar{1}$), b^1 (01$\bar{1}$2) (110), $e^{4/7}$ (0.11.$\bar{1}\bar{1}$.10) (77$\bar{4}$), $e^{31/50}$ (0.27.$\bar{2}\bar{7}$.23) (50.50.$\bar{3}\bar{1}$), $e^{3/4}$ (07$\bar{7}$5) (44$\bar{3}$), $e^{10/13}$ (0.23.$\bar{2}\bar{3}$.16) (13.13.$\bar{1}$0), $e^{5/6}$ (0.11.$\bar{1}\bar{1}$.7) (66$\bar{5}$), $e^{7/8}$ (0.15.$\bar{1}\bar{5}$.9) (88$\bar{7}$), $e^{14/15}$ (0.29.$\bar{2}\bar{9}$.16) (15.15.$\bar{1}\bar{4}$), $e^{9/10}$ (0.19.$\bar{1}\bar{9}$.11) (10.10.$\bar{9}$), $e^{19/20}$ (0.13.$\bar{1}\bar{3}$.7) (20.20.$\bar{1}\bar{9}$), e^1 (02$\bar{2}$1) (11$\bar{1}$), $e^{11/10}$ (07$\bar{7}$3) (10.10.$\bar{1}\bar{1}$), $e^{5/4}$ (03$\bar{3}$1) (44$\bar{5}$), $e^{4/3}$ (07$\bar{7}$2) (33$\bar{4}$), $e^{3/2}$ (05$\bar{5}$1) (22$\bar{3}$), $e^{7/5}$ (04$\bar{4}$1) (55$\bar{7}$), $e^{11/7}$ (06$\bar{6}$1) (7.7.$\bar{1}\bar{1}$), $e^{13/8}$ (07$\bar{7}$1) (8.8.$\bar{1}$3), $e^{5/3}$

1. En raison de la complexité des formes, je donne ici leurs symboles dans la notation de Miller à la suite de ceux de la notation de Bravais.

$(08\bar{8}1)$ $(33\bar{5})$, $e^{10/11}$ $(0.10.\bar{1}0.1)$ $(11.11.\bar{1}9)$, $e^{7/4}$ $(0.11.\bar{1}1.1)$ $(44\bar{7})$, $e^{11/6}$ $(0.17.\bar{1}7.1)$ $(6.6.\bar{1}1)$;

Zone[1] $e^2 s p e^{1/2}$: isoscéloèdres : $s = (d^{1/4} d^1 b^{1/2})$ $(11\bar{2}1)$ $(41\bar{2})$, $\xi = (d^{1/5} d^{1/2} b^1)$ $(11\bar{2}2)$ $(52\bar{1})$;

Plagièdres de la zone pse^2 : supérieurs à s : $t_4 = (b^{1/2} d^1 d^{1/28})$ $(9.1.\bar{1}0.9)$ $(28.1.\bar{2})$, $t''_3 = (b^{1/2} d^1 d^{1/23})$ $(23.3.\bar{2}\bar{5}.22)$ $(23.1.\bar{2})$, $t_2 = (d^1 d^{1/7} b^{1/2})$ $(21\bar{3}2)$ $(71\bar{2})$, T_3 $(b^{1/3} d^1 d^{1/26})$ $(11.6.\bar{1}7.11)$ $(13.2.\bar{4})$, $T_2' = (b^{1/10} d^5 d^{1/31})$ $(26.15.\bar{4}1.26)$ $(31.5.\bar{1}0)$, $t' = (b^{1/10} d^5 d^{1/29})$ $(8.5.\bar{1}3.8)$ $(29.5.\bar{1}0)$, $t = (b^{1/4} d^{1/2} d^{1/11})$ $(32\bar{5}3)$ $(11.2.\bar{4})$, $T_1 = (b^{1/20} d^{1/10} d^{1/51})$ $(41.30.7\bar{1}.41)$ $(51.10.\bar{2}0)$, $T_0 = (b^{1/10} d^{1/5} d^{1/24})$ $(19.15.\bar{3}4.19)$ $(24.5.\bar{1}0)$, $t_1 = (b^{1/10} d^{1/5} d^{1/23})$ $(6.5.\bar{1}1.6)$ $(23.5.\bar{1}0)$; inférieurs à s : $\pi = (d^{1/14} d^{1/5} b^{1/10})$ $(3\bar{5}83)$ $(14.5.\bar{1}0)$, $\varepsilon = (d^{1/5} d^{1/2} b^{1/4})$ $(12\bar{3}1)$ $(52\bar{4})$, $w = (d^{1/16} d^{1/7} b^{1/14})$ $(3.7.\bar{1}0.3)$ $(16.7.\bar{1}4)$, $q = (d^{1/17} d^{1/8} b^{1/16})$ $(3.8.\bar{1}1.3)$ $(17.8.\bar{1}6)$, $\mu = (d^{1/2} d^1 b^{1/2})$ $(13\bar{4}1)$ $(21\bar{2})$, $\mu_2 = (d^{1/12} d^{1/7} b^{1/14})$ $(5.21.\bar{2}6.5)$ $(12.7.\bar{1}4)$, $\lambda = (d^{1/16} d^{1/11} b^{1/22})$ $(5.33.\bar{3}8.5)$ $(16.11.\bar{2}2)$, $d^{1/37} d^{1/5} b^{1/10}$, $\rho = (d^{1/8} d^{1/5} b^{1/10})$ $(15\bar{6}1)$ $(8.5.\bar{1}0)$, $\lambda_4 = (d^{1/44} d^{1/29} b^{1/58})$ $(15.21.\bar{1}02.15)$ $(44.29.\bar{5}8)$, $n_1 = (d^{1/8} d^{1/7} b^{1/14})$ $(1.21.\bar{2}2.1)$ $(8.7.\bar{1}4)$;

Plagièdres intermédiaires entre p et $e^{1/2}$: $H_0 = (b^1 d^{1/2} d^{1/15})$ $(13.3.(\bar{1}6.16)$ $(15.2.\bar{1})$, $H_1 = (b^1 d^{1/2} d^{1/14})$ $(41\bar{5}5)$ $(14.\bar{2}.1)$, $H_2 = (b^1 d^{1/2} d^{1/11})$ $(31\bar{4}4)$ $(11.2.\bar{1})$, $H_4 = (b^{1/13} d^{1/30} d^{1/126})$ $(32.15.\bar{4}7.47)$ $(42.10.\bar{5})$, $H_5 = (b^1 d^{1/2} d^{1/6})$ $(43\bar{7}7)$ $(62\bar{1})$, $H_6 = (b^{1/4} d^{1/8} d^{1/21})$ $(13.12.\bar{2}\bar{5}.25)$ $(21.8.\bar{4})$, $\xi_4 = (d^{1/17} d^{1/8} b^{1/4})$ $(34\bar{7}7)$ $(17.8.\bar{4})$, $\xi_2 = (d^{1/19} d^{1/10} b^{1/5})$ $(3\bar{5}8\bar{8})$ $(19.10.\bar{5})$, $\xi_3 = (d^{1/18} d^{1/10} b^{1/5})$ $(8.15.\bar{2}3.23)$ $(18.10.\bar{5})$, $\gamma_1 = (d^{1/7} d^{1/4} b^{1/2})$ $(12\bar{3}3)$ $(74\bar{2})$, $\xi_4 = (d^{1/16} d^{1/10} b^{1/5})$ $(25\bar{7}7)$ $(16.10.\bar{5})$, $\beta_1 = (d^{1/3} d^{1/2} b^1)$ $(13\bar{4}4)$ $(32\bar{1})$, $\beta = (d^{1/20} d^{1/14} b^{1/7})$ $(27\bar{9}9)$ $(20.14.\bar{7})$, γ_4 $(d^{1/5} d^{1/4} b^{1/2})$ $(16\bar{7}7)$ $(54\bar{2})$, $\beta_5 = (d^{1/12} d^{1/10} b^{1/5})$ $(2.15.\bar{1}7.17)$ $(12.10.\bar{5})$, $\beta_6 = (d^{1/11} d^{1/10} b^{1/5})$ $(1.15.\bar{1}6.16)$ $(11.10.\bar{5})$;

Plagièdres de la zone $e^{1/2} s e^2$: supérieurs à s : $\tau_8 = (d^{1/20} d^{1/19} b^{1/10})$ $(1.30.\bar{2}9.29)$ $(20.19.\bar{1}0)$, $\tau_4 = (d^{1/16} d^{1/13} b^{1/8})$ $(17\bar{8}7)$ $(16.13.\bar{8})$, $\tau_1 = (d^{1/10} d^{1/7} b^{1/5})$ $(14\bar{5}4)$ $(10.7.\bar{5})$; inférieurs à s : $\sigma = (b^{1/4} d^1 d^{1/3})$ $(7.5.\bar{1}2.5)$ $(81\bar{4})$, $u = (b^{1/8} d^1 d^{1/4})$ $(31\bar{4}1)$ $(81\bar{4})$, $y = (b^{1/10} d^{1/2} d^{1/5})$ $(41\bar{5}1)$ $(10.\bar{2}.\bar{5})$, $x = (b^{1/4} d^1 d^{1/2})$ $(51\bar{6}1)$ $(41\bar{2})$, $\nu_4 = (b^{1/26} d^{1/10} d^{1/13})$ $(12.1.\bar{1}3\ 1)$ $(26.\bar{1}0.13)$, $\nu_2 = (b^{1/12} d^{1/5} d^{1/6})$ $(17.1.\bar{1}8.1)$ $(12.\bar{5}.6)$, $\nu_3 = (b^{1/16} d^{1/7} d^{1/8})$ $(23.1.\bar{2}4.1)$ $(16.7.\bar{8})$;

1. Les nombreuses formes de la zone $e^2 s p e^{1/2}$ ont été énumérées dans trois alinéas en allant de p à e^2, de p à $e^{1/2}$ et de $e^{1/2}$ à e^2. Pour éviter les complications typographiques, ces formes qui sont toujours hémièdres seront écrites dans le cours de ce livre x $(51\bar{6}1)$, au lieu de $^{1/2} x[\lambda(51\bar{6}1)]$, etc.

$z = (b^{1/72}\, d^{1/27}\, d^{1/34})$ (99.7.$\bar{1}$06.11) (72.27.3$\bar{4}$), $\Gamma_1 = (d^{1/37}\, d^{1/35}\, b^{1/20})$ (32.15.$\bar{1}$7.62) 37.5.$\bar{1}$0), $\Phi = (b^{1/25}\, d^{1/5}\, d^{1/11})$ (10.2.$\bar{1}$2.3) (25.5.$\bar{1}$1); $\Delta = (b^{1/9}\, d^{1}\, d^{1/6})$ (10.5.$\bar{1}$5.2) (9$\bar{1}$6); M $= (b^{1/37}\, d^{1/2}\, d^{1/110})$ (108.39.$\bar{1}$47.75) (110.2.37); $\Sigma_1 = (b^{1/43}\, d^{1/18}\, d^{1/21})$ (61.3.6$\bar{4}$.4) (43.$\bar{1}$8.2$\bar{1}$); $\chi_1 = (b^{1/20}\, d^{1}\, d^{1/2})$ (21.1.2$\bar{2}$.27) (20.$\bar{1}$.2); $\Lambda = (d^{1/7}\, d^{1/5}\, b^{1/3})$ (2.8.$\bar{1}$0.9) (753).

Macles. Les macles de quartz sont extrêmement abondantes, mais ne se trahissent pas toujours par des caractères extérieurs, et l'étude optique est souvent nécessaire pour les mettre en lumière ; celle-ci montre qu'il n'existe pour ainsi dire pas de cristaux de quartz qui en soient dépourvus.

1° Macles à axes parallèles. — Ces macles ont lieu par rotation autour de l'axe ternaire, elles peuvent donner lieu à trois types :

a) Le groupement est symétrique par rapport à a^1 (0001), les faces p et $e^{1/2}$ des deux sommets sont alors placées à l'extrémité de la même

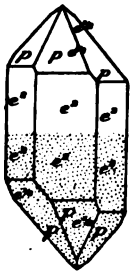


Fig. 1.
Macle symétrique par rapport à a^1 (0001) (type *a*), combinée à la macle type *b*.

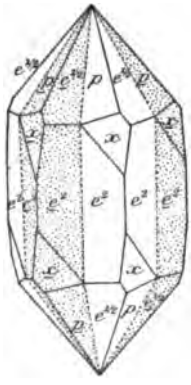


Fig. 2.
Macle symétrique par rapport à e^2 (10$\bar{1}$0) (type *b*).

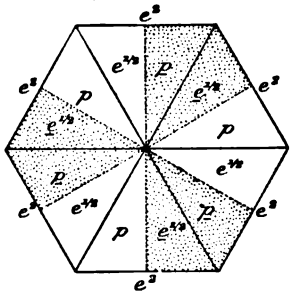


Fig. 3.
Projection sur la base d'une macle du type *b*.

face e^2 (fig. 1). Le plus souvent les deux individus qui constituent cette macle ont la même rotation, parfois cependant, ils sont de signe contraire. La macle est surtout très apparente quand les faces p et $e^{1/2}$ ont un développement ou un faciès différent ou quand il existe, comme dans les cristaux de Bône et de Carrare, des hémiprismes dodécagonaux qui ne se trouvent par suite que sur la moitié seulement d'une même arête verticale.

b) La macle est symétrique par rapport à une face e^2 quelquefois il y a accolement des deux individus (fig. 6 à gauche) ou pénétration incomplète de ceux-ci (fig. 6 à droite) (Barèges, Oisans) ; théoriquement les faces p et $e^{1/2}$ des deux cristaux devraient être sur le même

plan et les faces $e^{1/2}$ $\bar{e}^{1/2}$, p $\bar{p}$ contiguës devraient faire un angle de 76°20′, mais Des Cloizeaux a montré que ce parallélisme n'existait pas toujours rigoureusement, que l'angle des deux formes en question s'éloignait souvent de plus de 1° de leur valeur réelle ; les axes des deux cristaux ne sont donc pas rigoureusement parallèles : ce fait est facile à vérifier sur les cristaux de l'Oisans.

Plus fréquemment, il y a enchevêtrement complet des cristaux maclés ; s'il existe des formes hémièdres (fig. 5), on les voit apparaître sur plusieurs arêtes contiguës, mais si elles n'existent pas, la pénétration ne se trahit à l'extérieur que par la discordance des stries sur e^2, des brisures, des taches dépolies $e^{1/2}$, sur les faces brillantes du rhomboèdre primitif (fig. 4 et 5), etc. Il existe une variété infinie dans l'orientation et la grandeur relative des composants ; l'étude optique et les figures de corrosion permettent de les démêler.

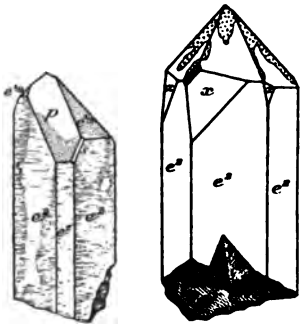


Fig. 4 et 5.
Macles du type *b* (fig. 4) ne se manifestant que par des marbrures ou (fig. 5) présentant des marbrures et des faces hémièdres.

Fig. 6.
Macles du type *b* (filon de La Gardette) par accolement (à gauche) ou par pénétration incomplète (à droite).

Les individus composant ces groupements peuvent être tous du même signe (fig. 5 Bône, Valais, etc.), ils peuvent aussi être de signe différent quand bien même l'examen des formes extérieures ne semble pas l'indiquer (Oisans).

c) Enfin la macle est symétrique par rapport à une face d^1 $(11\bar{2}0)$ (macle du Brésil), les faces p et $\bar{p}$, $e^{1/2}$ et $\bar{e}^{1/2}$ coïncident ; les individus constituant la macle sont d'ordinaire les uns droits, les autres gauches ; les figures 7 et 8 représentent l'aspect théorique de cette macle. Mais le plus souvent, elle se produit par enchevêtrement irrégulier ou comme dans l'améthyste par emboîtement de couches alternativement droites ou gauches. (Voir à *propriétés optiques*, page 42).

On trouve parfois des cristaux formés par l'un de ces groupements à axes parallèles et terminés à l'une de leurs extrémités par un pointement unique, alors que dans l'autre, on peut distinguer le très grand nombre des individus constituant l'assemblage (Oisans, Barèges, etc).

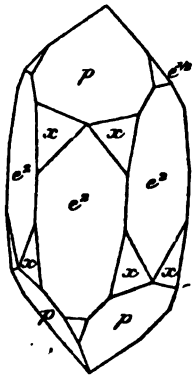


Fig. 7.
Macle symétrique par rapport à d^1 ($11\bar{2}0$) (type c) simulant un cristal simple.

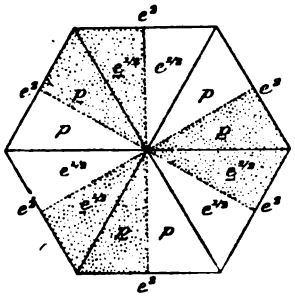


Fig. 8.
Projection sur la base d'une macle du type c (macle du Brésil).

2° Macles à axes inclinés. — *a*) *Macle de la Gardette.* Cette macle a lieu suivant une face de l'isoscéloèdre ξ ($11\bar{2}2$) ; les axes verticaux des individus constituants font entre eux un angle de 84°34′. Les deux composants ont chacun une face e^2 dans le même plan (fig. 71 à 73). Tantôt ce sont les formes semblables (p et $\bar{p}$, $e^{1/2}$ et $\bar{e}^{1/2}$), qui se correspondent sur le sommet libre de chaque individu (fig. 58 et 69), tantôt au contraire (fig. 70), ce sont des faces de symboles différents p et $e^{1/2}$.

Enfin, les deux composants peuvent être de même rotation ou de rotation différente.

b) G. Rose a cité une macle suivant p ($10\bar{1}1$) ; les axes verticaux des deux individus font un angle de 103°34′. M. Friedel a observé une macle à axes rectangulaires (cristaux artificiels de quartz). Ces deux macles n'ont pas été observées dans les gisements étudiés dans ce livre.

3° Macles vicinales. — Le quartz, et particulièrement le quartz enfumé de quelques localités (Saint-Gothard, Mont-Blanc), se présente en cristaux remarquablement tordus en hélice. Tantôt l'assemblage est constitué par des cristaux imparfaits soudés (groupements ouverts), tantôt la soudure est plus ou moins complète et parfois totale (groupements fermés ou semi-fermés).

L'interprétation théorique de ces groupements, souvent décrits, a reçu une élégante solution de la part de M. Tschermak (*Denkschr. K. Akad. Wiss. Wien*, 1894) qui les appelle des *macles vicinales* et les compare à celles qui constituent les groupements vermiculés des chlorites. L'individu élémentaire de ces macles (dicristal) est constitué par deux cristaux maclés suivant e^2 (avec prédominance de l'un d'eux). Dans les groupements ouverts, des dicristaux se maclent entre eux (par entrecroisement) suivant un rhomboèdre direct, vicinal de la base (a^1 $\delta = 1'40''$). Pour expliquer les groupements fermés et semi-fermés, il faut quelque chose de plus, une troisième macle (avec répétition) suivant une face d'un prisme dodécagonal vicinal de d^1 (11$\bar{2}$0).

Les individus constituant ces groupements sont tous de même signe et simulent un cristal unique offrant les faces hémiédriques (généralement x) caractéristiques de celui-ci. Ils sont le plus souvent aplatis suivant une face e^2 (fig. 44).

Les angles suivants ont été observés par Des Cloizeaux (*Mém. sur le quartz*) sur les cristaux de diverses localités françaises (Dx), par M. Gonnard, (*op. cit.*, sur ceux de Meylan) et enfin par moi-même (Lx) sur le quartz des localités indiquées plus loin : parmi les très nombreuses mesures que j'ai dû effectuer pour déterminer les cristaux décrits dans ce chapitre, je ne citerai que celles qui sont nécessaires pour légitimer la détermination de faces peu communes.

	Angles calculés.	mesurés.
e^2 e^2	120°	
e^2 k adj.	171°3′	
k k sur d^1	137°54′	
e^2 c adj.	158°57′	
e^2 d^1	150°	
p a^4	160°38′	
p e^{32}	177°23′	177°34′ Lx
p e^{26}	176°46′	176°24′ Lx
p e^{15}	174°24′	174°35′ G
p e^7	168°	167°59′ G
p $e^{13/2}$	167°4′	167°15′ Lx
p e^6	166°1′	165°40′ G
p $e^{11/2}$	164°46′	
p e^5	163°16′	162°58′ Lx. 163°3′ G
p $e^{21/5}$	160°12′	160°9′ à 11′ G
p $e^{7/2}$	156°29′	156°28′ Lx
p $e^{31/10}$	153°43′	153°41′ à 154°2′ G
p e^3	152°55′	152°42′ à 52° G
p $e^{29/10}$	152°5′	152°14′ Lx
p $e^{31/11}$	151°23′	151°20′ Lx. 24′ G
p $e^{11/4}$	150°44′	150°24′ à 46′ G
p $e^{8/3}$	149°56′	
p $e^{13/5}$	149°16′	149°7′ G
p $e^{5/2}$	148°12′	
p $e^{17/7}$	147°24′	
p $e^{7/3}$	146°17′	146°22′ G
p $e^{9/4}$	145°15′	145°22′ Lx
p $e^{11/5}$	144°36′	
p $e^{31/13}$	142°46′	142°40′ Lx.
p e^2	141°47′	
p $e^{1/2}$ sur a^1	76°26′	
$e^{1/2}$ b^1	160°38′	
$e^{1/2}$ $e^{4/7}$	177°23′	177°28′ G
$e^{1/2}$ $e^{31/50}$	175°38′	175°46′ G

	Angles calculés.	mesurés.
$e^{1/2}\ e^{3/4}$	171°8′	171°11′ G
$e^{1/2}\ e^{10/13}$	170°30′	170°54′ G
$e^{1/2}\ e^{5/6}$	168°24′	168°48′ G
$e\ ^{/2}\ e^{7/8}$	167°4′	167° Lx
$e^{1/2}\ e^{14/15}$	165°16′	165°30′ Lx
$e^{1/2}\ e^{9/10}$	166°17′	
$e^{1/2}\ e^{19/20}$	164°46′	164°27′ G
$e^{1/2}\ e^{1}$	163°16′	
$e^{1/2}\ e^{11/10}$	160°26′	160°44′ G
$e^{1/2}\ e^{5/4}$	156°29′	
$e^{1/2}\ e^{4/3}$	154°28′	
$e^{1/2}\ e^{3/2}$	150°44′	150°40′ à 51′ G
$e^{1/2}\ e^{7/5}$	152°55′	
$e^{1/2}\ e^{11/7}$	149°16′	149°10′ Lx
$e^{1/2}\ e^{13/8}$	148°12′	
$e^{1/2}\ e^{5/3}$	147°24′	147°17′ G
$e^{1/2}\ e^{19/11}$	146°17′	146°18′ G
$e^{1/2}\ e^{7/4}$	145°53′	145°50′ G
$e^{1/2}\ e^{11/6}$	144°26′	
$e^{1/2}\ e^{2}$	141°47′	
$p\ b^{1}$	137°7′	
$p\ p$ sur b^{1}	94°15′	
$p\ t_{4}$	175°34′	175°29′ G
$p\ t''_{3}$	174°36′	174°42′ G
$p\ t_{2}$	162°37′	
$p\ \mathrm{T}_{3}$	161°22′	161°15′ à 20′ G
$p\ \mathrm{T}'_{2}$	160°31′	160°46′ G
$p\ t'$	159°16′	159°25′ G
$p\ t$	158°13,	158°11′ à 16′ G
$p\ \mathrm{T}_{1}$	156°40′	156°46′ G
$p\ \mathrm{T}_{0}$	155°22′	155°10′ à 18′ G
$p\ t_{1}$	154°24′	
$p\ s$	151°6′	
$p\ \pi$	141°31′	
$p\ \varepsilon$	138°13′	138°9′ G
$p\ w$	135°35′	135°30′ Lx
$p\ q$	133°25′	133°10′ Lx
$p\ \mu$	131°37′	131°22′ Lx
$p\ \mu_{2}$	127°7′	
$p\ \rho$	125°9′	125°20′ Lx
$p\ \lambda_{1}$	123°39′	
$p\ \lambda$	122°30′	122°29′ Lx
$p\ n^{1}$	116°15′	
$p\ e^{2}$	113°8′	

	Angles calculés.	mesurés.
$s\ e^{2}$	142°2′	
$p\ \mathrm{H}_{0}$	171°49′	171°58′ G
$p\ \mathrm{H}_{1}$	171°15′	171°22′ G. 39′ Lx
$p\ \mathrm{H}_{2}$	168°56,	168°44′ G
$p\ \mathrm{H}_{4}$	165°39′	165°29′ G
$p\ \mathrm{H}_{5}$	160°22′	160°9′ Lx, 17 à 21′ G
$p\ \mathrm{H}_{6}$	157°51′	157°43′ à 52′ G. 44′ Lx
$p\ \xi$	156°52′	
$p\ \xi_{1}$	153°22′	
$p\ \xi_{2}$	150°46′	150°27′ à 32′ G 151°2′ Lx
$p\ \xi_{3}$	149°28′	149°45, G
$p\ \gamma_{1}$	148°46′	148°47 à 58′ G
$p\ \xi_{4}$	146°30′	146°11′ G
$p\ \beta_{1}$	144°49′	144°45′ Lx
$p\ \beta$	143°31′	143°28′ G
$p\ \gamma_{4}$	139°54′	
$p\ \beta_{5}$	138°	138°25′ G
$p\ \beta_{6}$	136°23′	136°27′ à 39′ G 25′ Lx
$p\ e^{1/2}$	133°44′	
$\beta\ e^{1/2}$	170°13′	
$e^{1/2}\ \tau_{8}$	178°34′	178°35′ G
$e^{1/2}\ \tau_{4}$	174°21′	
$e^{1/2}\ \tau_{1}$	170°29′	
$e^{1/2}\ s$	151°6′	
$e^{1/2}\ \sigma$	144°46′	
$e^{1/2}\ u$	131°37′	131°35′ Lx
$e^{1/2}\ y$	127°43′	
$e^{1/2}\ x$	125°9′	
$e^{1/2}\ \nu_{1}$	118°29′	118°27′ Lx
$e^{1/2}\ \nu_{2}$	116°57′	
$e^{1/2}\ \nu_{3}$	115°59′	
$e^{1/2}\ e^{2}$	113°8′	
$\sigma\ e^{2}$	148°22′	
$u\ e^{2}$	161°31′	
$y\ e^{2}$	165°25′	
$x\ e^{2}$	167°59′	
$\nu_{2}\ e^{2}$	176°11′	176°9′ Lx
$\nu_{3}\ e^{2}$	177°9′	177°1′ Lx
$p\ \Lambda$ adj.	141°50′	
$p\ \mathrm{M}$ adj.	161°5′	
$p\ \sigma$ adj.	152°32′	
$p\ \Delta$ adj.	144°8′	
$p\ u$ adj.	151°18′	
$p\ y$ adj.	149°54′	

	Angles calculés.	mesurés.
$p\,\Gamma_1$	151°44′	151°40′ G
$p\,\Phi$ adj.	152°34′	
$p\,\chi_1$	173°24′	
$p\,x$ adj.	148°46′	
$p\,\Sigma_1$ adj.	144°36′	
$e^{1/2}$ M	139°19′	
M x sur $e^{7/2}$	152°11′	152°25′ Dx
$e^{1/2}\,\pi$ adj.	152°45′	
$e^{1/2}\,s$ adj.	152°37′	
$e^{1/2}\,w$ adj.	152°15′	
$e^{1/2}\,q$ adj.	151°47′	
$e^2\,\Lambda$	140°56′	140°45′ Dx
$e^2\,\beta$	137°38′	
$\Lambda\,\beta$	176°42′	177°5′ Dx
$e^{8/3}\,x$	171°7′	
$e^{8/3}\,e^{7/4}$	120°15′	
$x\,e^{7/4}$	111°22′	

	Angles calculés.	mesurés.
$e^{17/7}\,\Phi$	169°7′	
$e^{17}/\,s$	145°36′	
$\Phi\,s$	156°29′	
$e^{31/15}\,\Sigma_1$	176°57′	
$e^{31/15}\,x$	168°38′	168°15′ Dx
$\Sigma_1\,x$	171°40′	171°37′ Dx
$e^{4/3}\,q$	165°5′	
$e^{4/3}\,u$	135°3′	
$q\,u$	149°58′	150°8′ Lx
$e^{1/2}\,\pi$	159°22′	
$e^{1/2}\,u$	126°12′	
$e^{3/2}\,\mu_2$	169°41′	
$e^{3/2}\,x$	129°32′	
$\mu_2\,x$	139°51′	
$b^1\,b^1$ culm.	124°41′	
$x\,\Delta$	169°51′	169° Dx
$x\,\chi_1$	155°22′	155°10′ Dx
$p\,x$ adj.	148°46′	148°47′ Dx

Formes et faciès. La forme constante et caractéristique du quartz est le rhomboèdre primitif p $(10\bar{1}1)$, ordinairement accompagné de $e^{1/2}$ $(01\bar{1}1)$ et de e^2 $(10\bar{1}0)$.

Les faces du prisme e^2 sont striées horizontalement (fig. 32), cependant ces stries n'existent généralement pas sur les cristaux formés dans les calcaires, dans les marnes (Dauphiné, Pyrénées) ; les faces de ces derniers cristaux sont souvent ondulées, creusées de cavités inégales.

Le prisme d^1 $(11\bar{2}0)$ et les prismes dodécagonaux toujours hémièdres ont leurs faces mates et arrondies.

Les faces du rhomboèdre primitif sont en général plus développées que celles de $e^{1/2}$ (fig. 9 et 10), souvent (Oisans) l'une d'elles domine de telle sorte que les cinq autres faces du pointement sont extrêmement réduites ou même absentes (fig. 95). Les faces p sont très brillantes, quelquefois verruqueuses, couvertes de petits triangles sphériques ou rectilignes, isocèles, en relief ou en creux, ayant leur base parallèle à l'arête $p\ e^2$; quelquefois (Oisans), elles ont un reflet rouge ou rose.

Les faces $e^{1/2}$, d'ordinaire plus petites que les faces p, sont en général moins brillantes, moins ondulées, souvent mates, offrant parfois (Oisans) un reflet verdâtre.

Les rhomboèdres directs sont brillants, parfois courbes, les inverses souvent mats ou finement striés parallèlement à l'arête $e^{1/2}\ e^2$.

Parmi les faces les plus habituelles, s est d'ordinaire l'une des plus

brillantes, elle est souvent striée parallèlement à l'arête sp; ε est striée dans la même direction et souvent mate (Oisans); x est toujours brillante et u souvent terne. Dans tout cristal simple, géométriquement et physiquement, la face rhombe s ne se trouve que sur les trois angles alternes du prisme e^2 (fig. 9 et 10). Le sens de la rotation est indiqué par la position de s par rapport à la face p $(10\bar{1}1)$ supérieure placée devant l'observateur (fig. 10, cristal dextrogyre, fig. 9, cristal lévogyre); quand p et $e^{1/2}$ ont le même développement et la même structure physique, la position de p peut être trouvée par la considération des stries ou des figures (fig. 14 et 15) que s porte d'ordinaire : elles sont parallèles à l'arête $s\,p$. Le sens de la rotation est rendu plus évident encore quand il existe des faces plagièdres (fig. 12 et 13) ou quand le cristal a été attaqué par l'acide fluorhydrique (fig. 18 et 19) étudié au point de vue de la pyroélectricité.

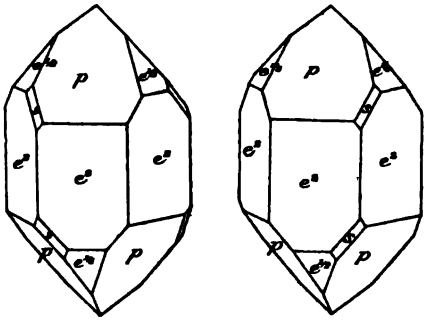


Fig. 9 et 10.
Quartz gauche et quartz droit.

Parmi les formes hémièdres énumérées plus haut, les plagièdres inférieurs à s des zones $e^{1/2}\,s\,e^2$ et $p\,s\,e^2$ sont les plus fréquents. Les formes intermédiaires entre p et $e^{1/2}$ sont en général très courbes, leurs arêtes d'intersection ne sont pas toujours rectilignes, elles sont généralement réduites à une seule face. (Voir à *figures de corrosion*).

Les cristaux de quartz sont soit allongés suivant l'axe vertical par suite du très grand développement de e^2, soit raccourcis. Les faces prismatiques peuvent même disparaître complètement et le cristal est alors réduit à p et $e^{1/2}$ (fig. 34).

Ces cristaux présentent des anomalies nombreuses dont la plus fréquente est l'aplatissement suivant une face e^2 (fig. 66) et parfois en outre grand allongement suivant une arête horizontale $p\,e^2$ (fig. 67). Cet allongement est souvent produit par le groupement suivant cette arête d'un grand nombre d'individus semblables. Il existe de nombreux autres cas d'allongement anormal, notamment suivant une arête oblique $p\,e^2$ ou $p\,e^{1/2}$ (fig. 68); ces allongements sont accompagnés de disparition ou d'extrême réduction de certaines faces

donnant parfois aux cristaux un aspect dissymétrique (quartz sphaloïde d'Haüy). Je décrirai page 97 diverses malformations curieuses que j'ai observées à la Gardette (fig. 74 à 76).

Dans quelques filons, on rencontre des cristaux de quartz dans la cristallisation desquels il y a eu des interruptions intermittentes, pendant lesquelles un dépôt extrêmement mince d'argile s'est produit sur les faces p et $e^{1/2}$; il est souvent possible, grâce à cette particularité, de déboîter les zones d'accroissement de ce quartz qui est dit *encapuchonné* (fig. 41).

Les cristaux formés dans les argiles ou dans les calcaires présentent fréquemment une structure très remarquable ; leurs zones successives d'accroissement n'ont été que *partiellement* interrompues par le dépôt d'argile, il en résulte un défaut de continuité sur certaines faces et par suite, des cavités irrégulières qui restent plus ou moins remplies d'argile. Les cristaux de ce genre ont un aspect cristallitique curieux, leurs faces sont creuses, à contours irréguliers ou polyédriques (Meylan, Marcoux, Cheraute, etc.) : il existe fréquemment dans ces cristaux des faces ondulées intermédiaires entre p et $e^{1/2}$.

Dans les cristaux de quartz des sources thermales, dans ceux des pseudomorphoses de gypse des environs de Paris, on observe très fréquemment des individus creux, groupés en rosettes très régulières.

Le nom de *babelquartz* a été donné à des cristaux terminés par des pyramides basées, constituées par des lames décroissant en escalier ; ils ont été pris autrefois pour des cristaux de quartz basé. Des Cloizeaux a montré (fig. 11) que leur prétendue base est en réalité une face p ou $e^{1/2}$ qui a servi de point d'attache au cristal de quartz sur le minéral étranger qui le supportait ; on reconnaît par des mesures que les faces qui bordent la face d'aplatissement sont, suivant les cas p, $e^{1/2}$ ou e^2. Dans d'autres cas, le plan terminal du babelquartz est une face e^2.

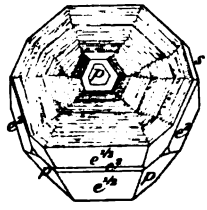


Fig. 11.
Babelquartz.

Enfin le quartz forme des masses fibreuses, parfois bacillaires (fig. 35), grenues ou compactes. Ces dernières ont une microstructure remarquable dont il est question à l'article *quartzine*, etc.

Figures de corrosion. Les figures de corrosion naturelles sont fréquentes dans le quartz et ont été depuis longtemps étudiées (Leydolt, Baumhauer, Penfield, etc.). De même que celles que l'on produit arti-

ficiellement, elles conduisent à des remarques importantes sur la structure intime des cristaux.

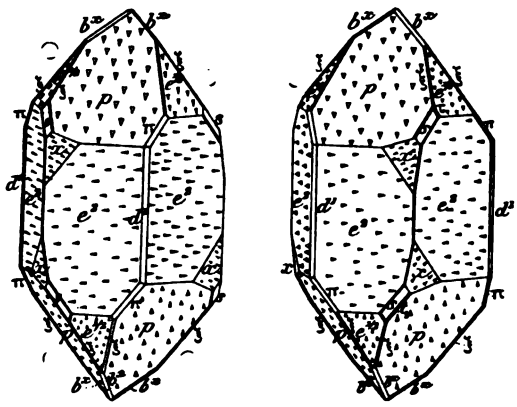


Fig. 12 et 13.
Schéma des figures de corrosion naturelle du quartz.

Les figures 12 et 13 représentent un schéma des principales figures de corrosion du quartz, d'après M. Molengraaff, qui a publié un important travail sur ce sujet (*Z. K.* XIV. 173, 1888 et XVII, 137, 1889). Ces figures sont en relief ou plus rarement en creux. Les fig. 14 et 15 reproduisent la photographie de figures de ce genre, remarquablement belles, que j'ai observées sur les faces *s* de cristaux droits et de cristaux gauches du quartz de la Gardette.

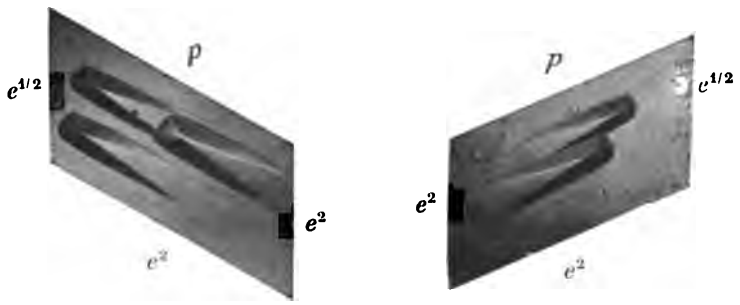


Fig. 14 et 15.
Figures en relief sur les faces *s* d'un cristal droit (fig. 15) et d'un cristal gauche (fig. 14) de quartz de La Gardette. (*Photographie avec grossissement de 5 diamètres*).

M. Molengraaff a montré comment les figures de corrosion obtenues en attaquant le quartz par des carbonates alcalins (fig. 16 et 17) sont extrêmement semblables à celles qui sont naturelles dans ce minéral (fig. 12 et 13) et fort différentes au contraire de celles (fig. 18 et 19) obtenues par l'acide fluorhydrique. Il y a là une indication intéressante de l'origine probable des figures de corrosion naturelles de quartz.

Un grand nombre d'arêtes du quartz (arêtes prismatiques et arêtes $p\,p$, $p\,e^2$ (zône $p\,\pi\,e^2$), $p\,s$, $p\,e^{1/2}$, $e^{1/2}\,s$, $p\,x$, $x\,e^{1/2}$, $s\,e^2$, etc), sont fréquem-

ment arrondies ou garnies de faces plus ou moins corrodées et courbes; ces faces (notamment d^1, ξ, γ, γ_x, ℓ_x, υ_x, H_x, etc.) à symboles dont souvent la complexité saute aux yeux (page 27) doivent être considé-

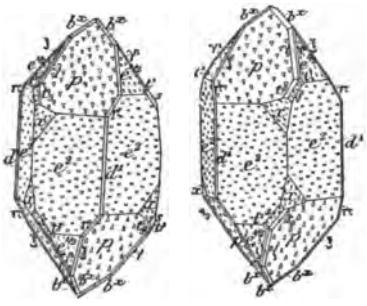


Fig. 16 et 17.
Figures de corrosion du quartz, produites par l'action des carbonates alcalins.

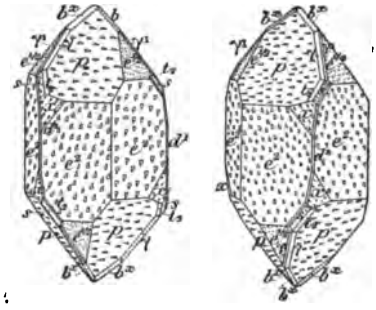


Fig. 18 et 19.
Figures de corrosion du quartz, produites par l'action de l'acide fluorhydrique.

rées non comme de véritables faces, mais comme des plans de corrosion. Il est possible d'obtenir expérimentalement beaucoup d'entre elles.

Déformations secondaires des cristaux. Les cristaux de quartz présentent parfois des déformations d'origine secondaire. Elles sont dues à des actions mécaniques. Dans quelques filons (La Gardette), il existe des cristaux brisés (fig. 21) et ressoudés par un nouvel apport de quartz. J'ai trouvé dans l'Ariège, à Pitourless en Lordat, des cristaux qui ont subi une torsion en forme de crosse ou une torsion hélicoïdale dont les fig. 20, 22, 37 et 38 représentent les effets. Examinés au microscope, ces cristaux se montrent constitués par des plages à extinction roulante qui sont caractéristiques des cristaux de quartz des roches ayant subi une forte compression. Les déformations de ce genre s'observent avec une grande fréquence dans le quartz des roches de toutes les régions dynamométamorphisées.

Fig. 20 à 22.
Cristaux de quartz déformés par action mécanique [(fig. 20 et 22), quartz tordu de Trimounis (Ariège), p. 71] quartz brisé et resoudé (fig. 21), de La Gardette.

Clivages. Clivages difficiles [ou plans de séparation d'origine mécanique (Judd)] suivant p $(10\bar{1}1)$ et $e^{1/2}$ $(01\bar{1}1)$, ne s'observant que

dans des gisements spéciaux (quartz laminaire des pegmatites du Plateau Central, par exemple), plus difficiles encore suivant e^2 $(10\bar{1}0)$ et a^1 (0001). Ces divers clivages s'obtiennent aisément quand on

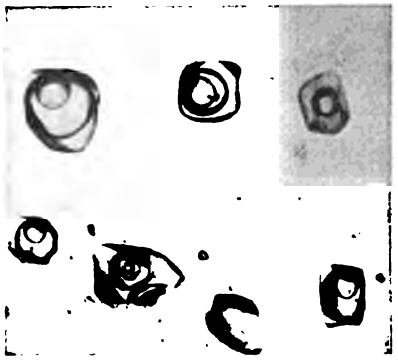


Fig. 23.
Inclusions à deux liquides dans cavité sans forme géométrique. Quartz de Madagascar. (*Photographie, grossissement de 125 diamètres.*)

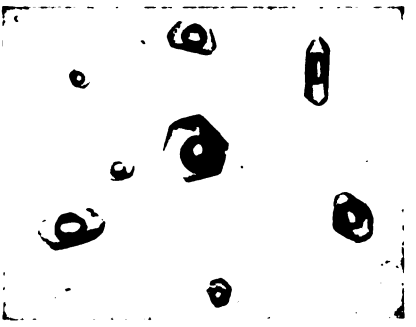


Fig. 24.
Inclusions à un seul liquide dans cristaux négatifs. Quartz de Madagascar. (*Photographie, grossissement de 125 diamètres.*)

presse avec une aiguille sur une lame très mince de quartz convenablement taillée (Mallard) : celle-ci est remarquablement flexible.

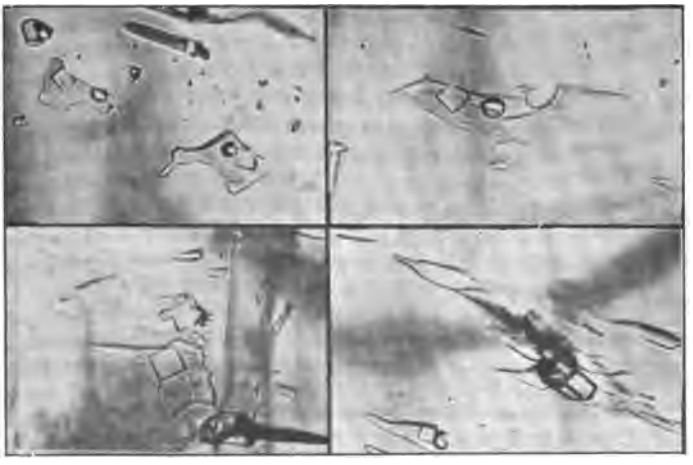


Fig. 25.
Inclusions liquides avec libelle et cristaux cubiques de Na Cl dans émeraude. (*Photographie, grossissement de 180 diamètres.*)

Cassure conchoïdale ou inégale, montrant quelquefois des rides (rap-

pelant l'empreinte du doigt sur une matière plastique), indices de la structure complexe due à la macle du Brésil (améthyste et quartz vert).

Dureté. 7. Les cristaux sont assez fragiles.

Densité. 2.653 à 2.654 ; les variétés cryptocristallines sont plus ou moins denses suivant la nature de leurs impuretés.

Inclusions. Les inclusions les plus caractéristiques du quartz sont les inclusions liquides (fig. 23 et 24), constituées soit par de l'eau, soit par de l'anhydride carbonique et parfois les deux, avec une libelle ; celle-ci est souvent spontanément mobile lorsque l'inclusion est très petite ; ces inclusions ont parfois la forme de cristaux négatifs (fig. 24). Elles peuvent renfermer aussi un sel cubique (Na Cl), semblable à celui de la fig. 25, ou un sel plus soluble à chaud qu'à froid. Elles sont surtout abondantes dans le quartz enfumé, dans le quartz laiteux. Les inclusions liquides sont dans d'autres cas constituées par un liquide carburé et sont alors la cause de l'odeur empyreumatique ou fétide que dégage par le choc le quartz qui les renferme (dans les pegmatites, les filons staunifères).

Fig. 26.
Cristal de quartz de la Gardette avec inclusions liquides disposées en traînées parallèles aux faces p et $e^{1/2}$. (*Photographie, grossissement de 2 diamètres environ.*)

Les inclusions liquides sont distribuées par traînées, et parfois disposées parallèlement à certaines faces du cristal, constituant des plans qui apparaissent troubles au milieu du quartz hyalin (fig. 26). Elles sont quelquefois très grosses, visibles à l'œil nu dans leurs détails (*quartz aérohydre*), la bulle gazeuse se déplaçant dans le liquide par agitation du cristal.

Le quartz renferme parfois des inclusions gazeuses ou vitreuses (dans roches éruptives), de longues aiguilles de rutile (cheveux de Vénus : voir la figure à *rutile*), de tourmaline (Madagascar), d'épidote, d'actinote ou de trémolite (quand celles-ci sont régulièrement disposées, elles constituent les variétés de quartz appelées *œil de chat*), de chlorite [elles sont parfois assez abondantes pour colorer uniformément le minéral en vert (*quartz chlorité*)], d'argile de diverses couleurs.

Coloration et éclat. Incolore, blanc laiteux, jaune de diverses nuances, brun, noir, rouge, rose, violet, plus rarement vert, bleu. Éclat vitreux,

parfois un peu gras, très vif dans les variétés cristallines. Poussière blanche dans les variétés pures, de la même couleur, mais plus claire dans les variétés colorées par des impuretés. Transparent à opaque.

Les noms des variétés suivantes sont basés sur la coloration :

Le *quartz hyalin* ou *cristal de roche* est la variété la plus pure, incolore et limpide, l'*améthyste* la violette (devenant verte par chauffage ou exposition à l'air), le *quartz topaze* la jaune, le *quartz enfumé*, la jaune foncé, brune ou noire. Le *quartz laiteux* est blanc de lait et seulement translucide ou presque opaque, il est parfois opalescent ; le *quartz gras* a un éclat spécial. La coloration peut être souvent modifiée par un chauffage convenable ; on l'attribue au manganèse (améthyste, quartz rose), à des composés carburés (quartz enfumé), à du titane (quartz enfumé), etc.

Les variétés caractérisées par des inclusions de matières étrangères ne sont pas moins nombreuses ; le *quartz saphirine* est coloré en bleu par de la crocidolite ; le *quartz prase* est d'un vert poireau (coloration due à des micas ou à de la chlorite cryptocristalline.) Le *quartz chloriteux* est coloré en vert par de la ripidolite en paillettes, le *quartz hyacinthe* (*quartz hématoïde*, *rubigineux*) en rouge foncé par des inclusions d'argile ferrugineuse, le *quartz ferrugineux* (eisenkiesel) en jaune vif par une ocre jaune.

L'*œil de tigre* est une variété fibreuse jaune, pseudomorphose de *crocidolite*, altérée en limonite : l'*œil de chat* est un quartz rendu chatoyant par des inclusions fibreuses parallèles d'amphibole (trémolite ou actinote).

Propriétés optiques. Double réfraction positive (n_g). Polarisation rotatoire ; les cristaux dextrogyres et les cristaux lévogyres se rencontrent avec une égale fréquence, le sens de leur rotation étant en rapport avec celui de leur hémiédrie.

Le quartz est l'un des minéraux dont les propriétés optiques ont été le mieux étudiées. Les nombres suivants ont été choisis parmi ceux du recueil de données numériques de M. Dufet (I et III, 1899-1900).

Les indices suivants[1] ont été mesurés par M. Macé de Lépinay (à 15° C.) et pour le spectre ultraviolet (L, P) par M. Mascart.

	A	B	C	D_1D_2	E	F	L	P
n_g	1,54813	1,55000	1,55093	1,55336	1,55640	1,55899	1,56974	1,57822
n_p	1,53919	1,54100	1,54190	1,54425	1,54717	1,54969	1,56019	1,56842

1. Pour le quartz fondu (Dufet, *in* Cotton, *Bull. soc. physiq.* 12 avril 1901), $n_{Li} = 1{,}4560$, $n_D = 1{,}4588$, $n_{Tl} = 1{,}4611$.

Les variations des indices avec la température ont été étudiées avec une grande précision ; les nombres suivants ont été donnés par M. Dufet pour 0° à 100°, $\frac{dn}{dt}$ (raie D) :

$$\left.\begin{aligned} n_g &= -0{,}000\ 007\ 223 - 0{,}000\ 000\ 0037\, t \\ n_p &= -0{,}000\ 006\ 248 - 0{,}000\ 000\ 0005\, t \end{aligned}\right\} \quad t = 0° \text{ à } 100°.$$

La biréfringence du quartz étant souvent prise comme type, il est intéressant de citer les nombres suivants dus à M. Macé de Lépinay (voir *in* Dufet les corrections à ces nombres, donnés pour 0° C.).

	C	D_1D_2	F	L	P
$n_g - n_p =$	0,0090493	0,009129	0,0093121	0,009665	0,0099473

La biréfringence diminue avec la température. MM. Mallard et Lechatelier ont montré qu'à 570° C., il se produit un changement brusque et à partir de cette température, la biréfringence augmente.

Le pouvoir rotatoire est proportionnel à l'épaisseur ; les nombres suivants ont été donnés par Soret et Sarasin (à 20° C.) pour une épaisseur de 1 mm.

A	B	C	D_2	D_1	E	F
12°668	15°746	17°318	21°684	21,727	27°543	32°37

Le pouvoir rotatoire s'accroît lentement avec la température. M. Lechatelier a montré qu'à 570° C., a lieu une variation brusque, après laquelle la déviation devient extrêmement lente.

Toutes les données optiques qui viennent d'être résumées ont été prises par des physiciens, en admettant que le quartz est rigoureusement uniaxe. L'étude attentive des sections perpendiculaires à l'axe vertical montre de très nombreuses irrégularités ; non seulement il existe des plages constituées par la superposition de cristaux de rotation différente et donnant par suite en lumière convergente les spirales d'Airy, mais encore des plages uniaxes montrant la croix noire régulière des corps uniaxes dépourvus de polarisation rotatoire, quand les individus superposés de rotation contraire sont suffisamment minces, et enfin des régions très nettement biaxes. Ces phénomènes sont particulièrement nets dans les améthystes ; la distribution de la coloration permet d'y distinguer, même à l'œil nu, la macle symétrique à d^1, produite non par accolement, mais par zones d'accroissement successives, constituées par des individus de rotation alter-

nativement opposée. L'étude optique montre alors une grande variété dans le détail de la structure ; la superposition d'individus de rotation contraire donnant des zones neutres (secteurs violets) qui, en lumière convergente, fournissent des spirales d'Airy ou des croix noires. La fig. 27 empruntée au mémoire classique de Des Cloizeaux montre un type fréquent dans l'améthyste du Brésil.

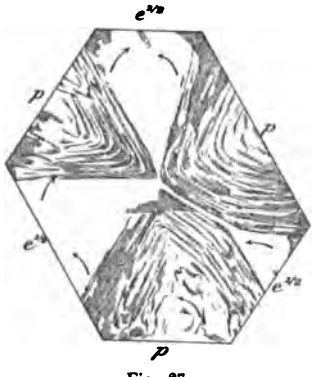


Fig. 27.
Section basique d'améthyste du Brésil.

Les phénomènes de la polarisation rotatoire ont été depuis longtemps reproduits par Reusch, en superposant des lames minces d'épaisseur constante de muscovite biaxe, disposées de telle sorte que leurs sections principales soient à 120° les unes des autres, l'empilement se faisant toujours dans le même sens.

Mallard et Sohncke ont appliqué le résultat de ces expériences au cas du quartz et donné la démonstration mathématique de la possibilité d'une semblable interprétation de la polarisation rotatoire de ce minéral. M. Wyrouboff a insisté (*A. C. P.* VIII. 1886) sur la probabilité de l'exactitude de cette théorie, en étudiant la biaxie du quartz et le mélange si habituel, notamment dans les améthystes, dont il a été question plus haut, de plages biaxes (avec plan des axes faisant entre eux des angles de 120°), et de plages dépourvues de polarisation rotatoire.

Plus tard, MM. Michel-Lévy et Munier-Chalmas ont apporté une contribution importante à cette théorie en montrant (*B. S. M.* XV. 159. 1893), d'une part la naissance de cristaux de quartz par groupement ternaire de fibres de *quartzine* biaxe, et d'une autre la propriété d'enroulement de la *calcédonite* autour d'un axe d'élasticité optique (voir plus loin). Cet enroulement est *continu* dans la calcédonite. M. Wallerant en étudiant (*B. S. M.* XX. 67. 1897) les relations du quartz et des fibres de quartzine qui le recouvrent, a admis à la suite de l'observation de quartzine provenant des Aubiers (*Vendée*) que la forme élémentaire de la quartzine est triclinique avec une forme extérieure tétraédrique (tétraèdres de 60°). La superposition de ces petits solides pseudoternaires, donnerait un enroulement *discontinu*, se faisant par sauts de 120°, qui permettrait ainsi la production du quartz pourvu de la

polarisation rotatoire. Dans les échantillons étudiés par lui, les fibres de quartzine peuvent, dans une face p du quartz, prendre trois orientations déterminées, se déduisant les unes des autres par rotation de 120° autour de l'axe ternaire du quartz (pas de polarisation rotatoire dans celui-ci), leur indice n_g étant toujours parallèle à celui du quartz. Dans le cas des cristaux offrant la polarisation rotatoire, quand une face p limite deux cristaux,l'un droit, l'autre gauche, les fibres de quartz disposées sur les parties de cette face appartenant au cristal gauche, par exémple, ont une orientation à 120° de celles du cristal droit : les fibres de quartzine ne sont donc plus disposées que suivant l'une des trois directions indiquées dans le cas précédent.

M. Judd a décrit (*Min. Magaz.*, VIII, 1, 1888 et X, 123, 1892) des cristaux de quartz (notamment de Madagascar), dans lesquels la structure de l'améthyste (macle d^1 avec structure cannelée) est liée à des déformations mécaniques subies par les échantillons qui le présentent : les plages à structure lamellaire suivent des cassures. Pour expliquer la structure de l'améthyste, M. Judd admet l'existence de deux formes de quartz, souvent associées dans le même cristal, l'une normale ne subissant pas de modifications sous l'influence des actions mécaniques, l'autre, au contraire, susceptible de prendre la structure lamellaire sous l'influence de celles-ci. Ce serait cette structure qui permettrait la concentration du pigment coloré entre les lamelles et rendrait ainsi manifeste en lumière naturelle l'anatomie des cristaux d'améthyste.

Il me reste à donner quelques détails sur la structure intime des cristaux de quartz des gisements décrits plus loin.

Les cristaux incolores ou enfumés des granulites sont généralement pauvres en anomalies ; ils sont constitués par des individus (macle e^2) de même signe (Bône, Pontivy, Limousin).

Les cristaux limpides des remplissages de fentes de l'Oisans et des filons métallifères d'Allevard offrent souvent la même structure ; cependant j'ai trouvé fréquemment, notamment dans ceux de la Gardette, et toujours sur le bord des cristaux, des zones neutres irrégulières, n'affectant que très rarement la forme de secteurs, et indiquant des groupements d'individus de signe opposé qui ne sont que très rarement visibles macroscopiquement. Des Cloizeaux a observé un fait analogue et figuré un quartz enfumé de Maronne présentant dans presque toute sa masse des enchevêtrements irréguliers de lames de rotation différente.

M. Benoît a donné pour la dilatation perpendiculaire à l'axe vertical $10^5 d = 1{,}316\,t + 0{,}00126\,t^2$ et pour celle parallèle à l'axe vertical $10^5 d = 0{,}711\,t + 0{,}000856\,t^2$, ($d$ étant l'unité de longueur à 0°). M. Lechatelier a montré qu'à 570° C, le quartz subit brusquement un accroissement plus rapide (reversible), puis à une température supérieure, la dilatation se change en une lente contraction. D'après lui, ce brusque changement de volume (accompagné de variations dans le pouvoir rotatoire et la biréfringence) serait la cause de la fissuration du quartz, attribuée jusqu'ici à sa mauvaise conductibilité; il serait le résultat d'une transformation dimorphique.

Composition chimique. Le quartz est formé par de la silice pure Si = 46,7, O = 53,3 = 100.0. De nombreuses impuretés (voir à *inclusions*) se trouvent dans beaucoup de variétés.

Essais pyrognostiques. Infusible au chalumeau ordinaire, mais fusible au chalumeau oxhydrique, donnant alors un verre d'une densité de 2,2. Il y a commencement de ramollisssement vers 1200° C, et fusion vers 1775° C. (Roberts-Austen, *Philos. Magaz.*, 1899, n° 1.)

Insoluble dans les acides, sauf dans l'acide fluorhydrique; difficilement attaquable par les alcalis.

Altérations. Malgré sa résistance aux actions chimiques des laboratoires, le quartz se rencontre dans la nature épigénisé en stéatite, pyrite, cassitérite, magnétite, etc. (Voir à *figures de corrosion*).

Inversement, le quartz forme des pseudomorphoses d'un grand nombre de minéraux et notamment de fluorine, de calcite, de barytine, etc. Dans ces pseudomorphoses, les cristaux de quartz ont fréquemment leur axe vertical disposé normalement aux faces du minéral qu'ils épigénisent.

Le quartz moule souvent des cristaux de diverses substances qui disparaissent ensuite, laissant leur empreinte dans le quartz (cavités cubiques ou octaédriques dues à la galène, à la fluorine), empreintes de barytine crétée (*quartz haché*), de cristaux de célestite, de dioptase, etc.

Enclaves dans roches volcaniques. — Le quartz en *enclave enallogène* dans les roches volcaniques est *étonné*, puis fondu sous l'influence de la chaleur. En outre, dans la plupart des roches volcaniques, il détermine à sa périphérie la formation d'une auréole d'augite (fig. 31, p. 601, t. I). Dans les roches acides (trachytes du Mont-Dore), il se transforme en tridymite, comme dans les briques siliceuses soumises à haute température. Je n'ai pas trouvé dans les gisements volcaniques français de cas de recristallisation de quartz au milieu d'enclaves.

Diagnostic. La forme des cristaux, leur hémiédrie, leurs propriétés optiques, jointes à leur densité et à leur dureté, ne permettent de confondre le quartz avec aucun autre minéral. En l'absence de formes géométriques, la densité, la dureté, la résistance à l'action des acides constituent un bon diagnostic que vient appuyer l'examen microscopique (un axe optique positif; $n_g - n^p = 0.009$ env. pour la lumière blanche).

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Le quartz est l'un des minéraux les plus répandus dans la nature ; il joue un rôle important et souvent prépondérant dans la constitution d'un grand nombre de roches d'origine interne ou de formations sédimentaires. Je le considérerai successivement :

1° Dans les roches éruptives ;
2° Dans les roches métamorphisées par les roches éruptives ;
3° Dans les schistes cristallins ;
4° Dans les filons ;
5° Dans les sources thermales ;
6° Dans les formations sédimentaires.

Dans aucune de ces conditions de gisement, il ne saurait être question de citer toutes les localités françaises où l'on rencontre le quartz, je me suis donc attaché à choisir celles qui sont les plus caractéristiques, les plus importantes ou qui se distinguent par quelque particularité spéciale.

Je m'occuperai ici exclusivement du quartz cristallisé [1] d'une façon distincte ; toutes les variétés, telles que les *jaspes*, les *silex*, etc., dont la nature ne peut être décelée que par l'examen optique, seront décrites dans un chapitre spécial ; on verra en effet que dans la plupart d'entre elles, le quartz s'y présente sous ses formes fibreuses aussi souvent que sous sa forme normale.

1° *Dans les roches éruptives.*

La présence du quartz comme élément essentiel caractérise les roches de la famille du *granite*, mais ce minéral se rencontre en outre comme élément accessoire dans un assez grand nombre d'autres roches et il peut se présenter aussi comme élément d'altération dans tous les

1. Dans les descriptions qui vont suivre, afin d'éviter les répétitions, il sera sous-entendu, qu'à moins d'indication contraire, les cristaux présentent toujours les formes c^0 $(10\bar{1}0)$, p $(10\bar{1}1)$ et $e^{1}/^{2}$ $(01\bar{1}1)$.

types pétrographiques possibles. Il n'est pas toujours facile d'établir une limite entre ce quartz primaire et celui qui est d'origine secondaire. Dans un grand nombre de cas, cependant, on peut suivre le mécanisme de la production du quartz secondaire par infiltration dans toutes les cavités de la roche ou de ses éléments qui, bien souvent, ont fourni eux-mêmes la silice nécessaire.

a) *Dans les granites, les granulites et les pegmatites.*

Le quartz constitue l'élément caractéristique de ces roches, il est généralement riche en inclusions liquides (avec souvent bulles mobiles) et en inclusions gazeuses.

Dans les granites proprement dits, le quartz est xénomorphe, moulant tous les autres éléments ; cette structure est réalisée aussi dans certaines granulites et notamment dans la granulite à albite et topaze qui accompagne les gisements stannifères (voir t. I, fig. 3, p. 63) ; enfin, dans certaines roches de contact, il prend la structure micro-granitique.

Dans les *granulites* (granites à deux micas, granulites à muscovite, aplites), le quartz est souvent granulitique, c'est-à-dire en grains isométriques, qui parfois prennent des formes géométriques.

Les *pegmatites* sont des roches à très grands éléments formées sous l'influence prédominante des émanations minéralisatrices qui ont accompagné la mise en place des roches granitiques ; elles sont riches en muscovite, tourmaline, grenat, béryl et nombreux autres minéraux accessoires. Tantôt elles constituent des filons ayant une individualité distincte, et tantôt elles ne forment qu'un accident des roches granitiques à éléments plus fins. On y trouve le quartz en énormes masses, dégageant souvent par le choc une odeur empyreumatique ou fétide (Chanteloube, Autunois, environs de Nantes), comme dans les gîtes stannifères (La Villeder). La couleur de ce quartz est parfois blanche, mais le plus souvent d'un gris de fumée plus ou moins foncé, parfois noir (Chanteloube), plus rarement d'un beau rose (Montagny (*Rhône*), Chanteloube, etc.). C'est dans ces variétés de quartz que les inclusions liquides sont le plus abondantes et le plus grosses. Il présente dans quelques gisements (Chanteloube), des clivages faciles qui lui donnent une structure *laminaire*.

Le quartz des pegmatites est souvent xénomorphe, il englobe les feldspaths et les micas ; dans d'autres cas, il présente des formes géo-

métriques qui vont être étudiées plus loin, et il se présente aussi, régulièrement groupé avec le feldspath pour constituer une structure pegmatique. Les pegmatites graphiques ainsi produites sont un accident plus ou moins fréquent dans la plupart des filons de pegmatite. On a vu, t. II, p. 34, que la structure pegmatique est caractérisée par l'association de deux minéraux ayant cristallisé simultanément, l'un englobant un grand nombre d'individus cristallitiques à orientation uniforme de l'autre. Dans la pegmatite graphique, la plus abondante de toutes, le minéral englobant est le feldspath (orthose, microcline, plagioclases acides), le minéral englobé, le quartz, dont les cristaux sont très allongés suivant l'axe vertical et réduits à des squelettes creux, constitués par de minces cloisons correspondant à des faces e^2, p et $e^{1/2}$ (fig. 30).

Fig. 30.
Groupement pegmatite de quartz et d'orthose (pegmatite graphique d'Ax) (*Ariège*). (*Grandeur naturelle.*)

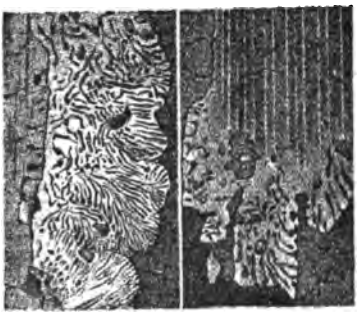


Fig. 31.
Groupements de feldspaths et de quartz vermiculé. A droite, oligoclase de la granulite de Frugières-le-Pin (*Haute-Loire*); à gauche, orthose du gneiss granulitique de Saint-Bonnet près Condat (*Cantal*).

J'ai décrit (tome II, pp. 338 et 521) des pegmatites de *quartz* et de muscovite, de *quartz* et de cordiérite (Cambo, *Basses-Pyrénées*) ou enfin (tome I, p. 93, fig. 8 et 19) de tourmaline et de *quartz* (*Ariège*), dans ces dernières, l'ordre habituel est renversé, c'est le quartz qui constitue le minéral englobant, alors que la tourmaline est l'élément cristallitique englobé. Toutes ces pegmatites se trouvent comme la pegmatite graphique normale dans des filons granitiques à grands éléments.

Enfin, le quartz se présente dans les roches granitiques, sous une autre

forme régulière microscopique, sous celle de *quartz vermiculé*, consistant en associations avec des feldspaths acides ; il n'a plus de formes géométriques comme dans la structure pegmatique, mais des formes arrondies, vermiculées (fig. 31) qui font penser que, dans bien des cas, il est d'origine secondaire (*quartz de corrosion*). Le quartz vermiculé est surtout fréquent dans le granite et la granulite, il abonde d'une façon particulière au voisinage des contacts à Flamanville (*Manche*) (Michel-Lévy), dans les Pyrénées, etc.

Indépendamment de ce quartz normal, les roches granitiques altérées sont imprégnées par du quartz d'origine certainement secondaire qui, peu à peu, remplace la plupart de leurs éléments.

Dans les régions fortement plissées [granite (protogine) du Mont-Blanc entre autres], le quartz, plus peut-être que les autres éléments de la roche, a subi des écrasements intenses qui se manifestent dans les lames minces par le développement de la structure en ciment et par la production d'extinctions roulantes des plus caractéristiques.

Il reste à passer en revue les gisements français dans lesquels on observe au milieu des roches granitiques des cristaux géométriquement déterminables de quartz. Ils se trouvent toujours dans des granulites ou des pegmatites quand celles-ci présentent des fentes ou des cavités miarolitiques. Ces cristaux de quartz sont généralement associés à des cristaux d'orthose, de microcline, d'albite, parfois de muscovite, d'apatite, de béryl, etc. Presque toujours, ils sont enfumés et souvent de couleur très foncée; leurs formes sont remarquablement nettes et les macles par pénétration (type *b* avec cristaux de même rotation) y sont à peu près constantes et extrêmement répétées. Il ne faut pas confondre, au point de vue de l'origine, ces cristaux formés par des émanations immédiates du magma granitique et les cristaux se trouvant dans les fentes du granite de quelques régions (Mont-Blanc, etc.), sans être pour cela, liés d'une façon nécessaire à la genèse du granite; en effet, dans une même région (Oisans), ils se rencontrent aussi bien dans les fentes du granite que dans celles des schistes cristallins et même des roches sédimentaires jurassiques les surmontant et qui sont d'âge postérieur au granite.

Normandie. — *Orne.* Les célèbres cristaux de quartz enfumé, connus depuis longtemps sous le nom de *diamants d'Alençon*, se trouvent aux environs de cette ville, dans les carrières de Pont-Percé et de la Galochère en Condé-sur-Sarthe et notamment près de Hertré. Ils tapissent

les cavités de veinules de pegmatite, traversant une granulite à grains fins ; ils y sont associés à des cristaux d'orthose, d'albite, d'apatite, à de la muscovite, etc. Ces gisements qui ont fourni jadis de magnifiques échantillons, tendent à s'épuiser, et la plupart des *diamants d'Alençon* vendus aujourd'hui par les bijoutiers du pays viennent du Valais ou d'autres régions étrangères.

Le plus bel échantillon de quartz enfumé de cette région que je connaisse a été trouvé dans le parc du château de Vervaine ; il mesure 20 cm suivant l'axe vertical et a 13 cm de diamètre. La fig. 32 montre sa structure polysynthétique (collection du Muséum). Les formes que j'ai observées dans ce gisement sont : x, s, $e^{13/2}$ $(50\bar{5}3)$, e^3 $(40\bar{4}1)$, $e^{31/11}$ $(14.0.\bar{1}4.3)$, $e^{7/3}$ $(10.0.\bar{1}0.1)$, et peut-être $e^{7/8}$ $(0.15.\bar{1}5.9)$ et $e^{7/5}$ $(04\bar{4}1)$.

Fig. 32.
Quartz enfumé du château de Vervaine montrant sur les faces e^2 la structure polysynthétique due à la macle du type *b*.

Calvados. La carrière de la Bellière, près Vire, a fourni des cristaux de quartz enfumé associés à de beaux cristaux d'orthose et offrant les mêmes formes que ceux des environs d'Alençon.

Bretagne[1]. — *Morbihan*. Je dois à l'obligeance de M. E. Havel la communication de beaux cristaux de quartz enfumé qu'il a recueillis dans les carrières de granulite de Pontivy ; assez abondants au début de l'exploitation de ces carrières, ils deviennent extrêmement rares, à mesure que la granulite prend en profondeur un grain plus fin et plus homogène[2]. Le plus beau cristal trouvé atteint 11 cm

1. G. Rose a cité dans son mémoire sur le quartz, des cristaux enfumés à faces très brillantes, provenant de Bretagne, sans indication plus précise. Ces cristaux présentent en outre des faces habituelles s, x et e^3 $(40\bar{4}1)$; ils possèdent avec une apparence simple de nombreux groupements à axes parallèles, rappelant ceux des cristaux de Suisse ; ils se trahissent parfois par la répétition de s et de x sur des angles adjacents. Il me paraît probable, d'après la description, que ces cristaux proviennent des environs d'Alençon, plutôt que du gisement de Pontivy.

2. Il semble qu'aux environs d'Alençon se produise le même phénomène. Il peut s'expliquer par ce fait que la formation des veines pegmatiques étant due à des émanations volatiles, elle doit être surtout fréquente à la périphérie des massifs qui, en profondeur, deviennent de plus en plus homogènes.

suivant l'axe vertical et 7 cm de diamètre. Ces cristaux sont en moyenne moins foncés que ceux d'Alençon ; les petits sont parfois à peine teintés, il n'est pas rare de trouver des cristaux en partie transparents, en partie troubles, dont les pointements sont glacés de blanc par suite de l'existence de petites fissures. Ces cristaux présentent généralement la même structure polysynthétique que ceux d'Alençon, on y observe quelques rhomboèdres [($e^{8/3}$ (11.0.$\bar{1}$1.2), $e^{7/3}$ (10.0.$\bar{1}$0.1), $e^{11/7}$ (06$\bar{6}$1), $e^{5/3}$ (08$\bar{8}$1)] ; *s* et *x* ne sont pas très fréquentes, le plus souvent, il n'existe pas de formes hémièdres. Des cristaux d'orthose, d'albite, d'apatite bleue, de béryl accompagnent ce quartz.

Loire-Inférieure. Les granulites de la Loire-Inférieure sont assez fréquemment traversées par des filonnets pegmatiques à structure miarolitique qui ont fourni de beaux cristaux de quartz enfumé. M. Baret a cité notamment (*op. cit.* 38. 1898) Orvault, le parc Grillaud et la Salle Verte près Saint-Clair, la côte de Batz.

A Nantes même, dans les fentes des pegmatites de Barbin, il existe des cavités riches en cristaux de quartz presque hyalin, d'apatite, de bertrandite, etc.

Vendée. — *Vendée.* Je dois à M. Chartron de gros cristaux de quartz hyalin et enfumé provenant de filons de quartz de pegmatite de Chambretaud près les Herbiers, ils sont du même type que ceux de la Haute-Vienne.

Plateau Central. — *Aveyron.* Les pegmatites des environs d'Entraygues et notamment à l'Est de Castailhac, renferment des géodes tapissées d'énormes cristaux d'orthose, de tourmaline et de quartz enfumé ou presque incolore. Ces derniers, semblables comme forme à ceux du Limousin, dépassent fréquemment un décimètre suivant l'axe vertical. M. Arsandaux qui me les a signalés, a trouvé dans le même gisement des masses de quartz rose.

Corrèze. D'énormes cristaux de quartz enfumé ont été rencontrés autrefois dans les carrières de granulite de Champs de Brach près d'Eyrein, à 12 km. environ, à l'Est de Tulle.

M. Mouret m'a signalé quelques cristaux de quartz enfumé dans des filons de pegmatite exploités autrefois pour le kaolin à l'arbre du Faisan, au croisement des routes d'Argentat à Mauriac et de Beaulieu à Mauriac, dans le canton de Mercœur.

Haute-Vienne. Les pegmatites des environs de Chanteloube (voir tome I, p. 80) renferment des cristaux de quartz généralement enfumés

qui atteignent parfois de très grandes dimensions. M. Barret (*Géol. du Limousin*, 177) en cite qui pesaient plus de 100 kg. et qui furent trouvés à Margnac en Compreignac; je dois à l'obligeance de M. Bouhard des cristaux de ce gisement (Venachat et Margnac) atteignant 30^{cm} suivant l'axe vertical et 5^{cm} de diamètre. Ces cristaux sont le plus souvent ternes et engagés dans les feldspaths, ils se trouvent parfois cependant dans des géodes et ont alors les faces brillantes; leur couleur varie depuis le noir, tellement foncé que les cristaux paraissent opaques, jusqu'au gris de fumée; dans ce dernier cas, ils sont translucides ou transparents. Ils sont allongés suivant l'axe vertical et présentent d'ordinaire des rhomboèdres directs et inverses e^3 $(40\bar{4}1)$ et $e^{7/5}$ $(04\bar{4}1)$ très développés qui leur donnent un aspect caractéristique; sur quelques cristaux j'ai observé la forme rare μ $(13\bar{4}1)$.

La structure de ces cristaux est peu compliquée et rappelle celle des cristaux du Valais; ceux que j'ai fait tailler sont en effet constitués par le groupement d'individus ayant tous la même rotation, de telle sorte que leurs sections parallèles à l'axe vertical paraissent homogènes et ce n'est qu'en inclinant la préparation sous le microscope que l'on voit apparaître des flammes indiquant l'enchevêtrement des individus constituants. Sur les faces du pointement, on distingue souvent au milieu des faces p des marbrures ternes $e^{1/2}$, indiquant la macle du type b.

D'autres cristaux du même genre ont été trouvés à la Vilate, au pont de Barost, à Masbarbu, mais il est difficile de s'en procurer depuis l'abandon des carrières de pegmatite de cette région.

Je rappellerai que c'est dans ces pegmatites que se trouve le quartz rose et le quartz laminaire clivable dont il est question page 38.

Charente. Les granites des environs de Confolens renferment assez fréquemment des veines de pegmatite miarolitique contenant de gros cristaux de quartz enfumé; les échantillons que j'ai examinés ont été recueillis par M. Boreau aux environs d'Esse (Château-Guyon, Pierre Fromagère, La Quayre). Le plus souvent, les formes communes seules existent, cependant s et x ne sont pas rares : ce quartz est associé à de jolis cristaux d'orthose (macles de Carlsbad, de Baveno), que je ne connaissais pas quand a paru le tome II.

Rhône. De beaux cristaux incolores, un peu enfumés, ont été trouvés dans les pegmatites de Montagny, qui ont fourni aussi des masses de quartz d'un fort beau rose. Le quartz de ce gisement a été exploité autrefois pour une faiencerie.

Saône-et-Loire. Quelques beaux cristaux de quartz enfumé ont été rencontrés dans des pegmatites de la Tagnière près Toulon-sur-Arroux, ils ont la même forme que ceux de Compreignac.

Algérie. — *Constantine.* Des Cloizeaux a figuré un cristal de quartz enfumé (fig. 33) provenant de Bône et présentant entre autres les formes rares d^1 ($11\bar{2}0$), c ($7.4.\bar{11}.0$), M ($108.39.\bar{147}.75$), Δ ($10.5.\bar{15}.2$), χ_1 ($21.1.\bar{22}.27$),σ ($7.5.\bar{12}.5$) et t ($32\bar{5}3$).

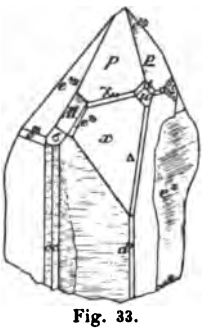


Fig. 33.
Quartz de Bône.

La collection du Muséum possède un grand nombre de cristaux de ce gisement, recueillis par M. Renou sur la plage, au Nord de l'ancien blockhaus de la mer. D'après l'aspect de ces cristaux auxquels adhèrent des lames de muscovite et des cristaux d'orthose, il me semble probable qu'ils proviennent d'un filon de pegmatite. Ces cristaux sont caractérisés par des macles constantes suivant e^2 (type *b*). Les individus composants sont toujours du même signe et les cristaux présentent régulièrement des plagièdres aux deux extrémités de chacune des arêtes verticales J'ai étudié plusieurs centaines de ces cristaux et aucun ne fait exception à cette règle.

La même collection possède des cristaux de quartz hyalin d'une limpidité admirable qui proviennent également de Bône et peut-être du même gisement, bien qu'ils ne soient pas associés les uns aux autres. Ces cristaux incolores montrent la même structure que les cristaux enfumés; ce sont aussi des macles régulières de cristaux de même rotation présentant d'une façon constante des plagièdres sur toutes les arêtes verticales; les faces x sont presque toujours accompagnées de u ($31\bar{4}1$) et prennent souvent un développement tel que les faces e^2 sont fort réduites. Les rhomboèdres autres que p et $e^{1/2}$ sont striés en escaliers et ne se mesurent pas avec une grande précision ; j'ai observé les suivants : $e^{13/2}$ ($50\bar{5}3$), $e^{7/2}$ ($30\bar{5}1$), e^3 ($40\bar{4}1$), $e^{29/10}$ ($13.0.\bar{13}.3$), $e^{8/3}$ ($11.0.\bar{11}.2$), $e^{13/5}$ ($60\bar{6}1$), $e^{7/8}$ ($0.15.\bar{15}.9$), $e^{14/15}$ ($0.29.\bar{29}.16$), $e^{5/4}$ ($03\bar{3}1$), $e^{3/2}$ ($05\bar{5}1$), $e^{11/7}$ ($06\bar{6}1$).

L'un de ces cristaux enfumés, bipyramidé, présente les faces p extrêmement développées ; à leur intersection existent des faces b^x ternes et non mesurables. En outre des macles constantes dans ce gisement, ce cristal offre la macle asymétrique par rapport à a^1 (0001) (type *a*). On la distingue non seulement grâce à la coexistence

de deux faces p aux deux extrémités de la même face e^2, mais encore à cause de l'existence, sur les arêtes e^2 de la partie antérieure du cristal seulement, de faces arrondies et corrodées, paraissant correspondre au prisme c et s'interrompant brusquement à la rencontre de l'individu inférieur de la macle.

Les arêtes d'intersection de $e^{1/2}$ et des divers rhomboèdres $e^{13/2}$ ($50\bar{5}3$), $e^{7/2}$ ($30\bar{3}1$), etc., présentent des faces de corrosion ne fournissant aucune mesure précise : l'une d'elle (zône x $e^{1/2}$) paraît correspondre à M citée plus haut.

Tunisie. — Les granulites de Béja renferment des cristaux de quartz enfumé accompagnés de cristaux d'orthose; ils sont très analogues à ceux d'Alençon.

Madagascar. — Il est probable qu'une partie au moins du quartz hyalin limpide de Madagascar provient de la catégorie de gisement étudiée ici; souvent en effet ce quartz contient de longues aiguilles de tourmaline, des lames de muscovite qui semblent bien indiquer une relation d'origine avec la pegmatite. M. Villiaume m'a signalé aux environs de Tananarive des filons de pegmatite dans lesquels les éléments étaient très nettement différenciés en grandes masses homogènes; parmi celles-ci se trouvait du quartz hyalin limpide. Mais d'autre part, il existe de nombreux échantillons contenant des cristaux d'épidote, des paillettes de ripidolite qui paraissent montrer une analogie bien nette de gisement avec les cristaux des Alpes, aussi décrirai-je le quartz de Madagascar à la suite de ceux-ci en attendant que des documents nouveaux viennent éclaircir cette question.

Je dois à M. A. Grandidier la connaissance de quartz de pegmatites d'un beau rose, provenant du versant oriental du Mont Famohizankova à l'Ouest du lac Itasy (*Imerina*). Enfin, un quartz laiteux, opalescent, se rencontre à Bétafo, en même temps que l'orthose pierre de lune, la tourmaline rouge et bleue, le béryl, etc.

b) *Dans les microgranites et les rhyolites (porphyres).*

Le quartz des microgranites (microgranulites) et des rhyolites (porphyres) se rencontre à deux états, en phénocristaux et sous forme microscopique. Les phénocristaux qui dépassent rarement 1^{cm} ont presque exclusivement la forme de pyramides hexagonales (p et $e^{1/2}$) (fig. 34). Elles ont le plus souvent les arêtes et les faces arrondies par

corrosion magmatique ; les plaques minces de roches les montrent en effet creusés de profondes cavités. Cependant parfois [rhyolites pétrosiliceuses des environs d'Agay (*Var*)] ces cristaux ont les arêtes vives.

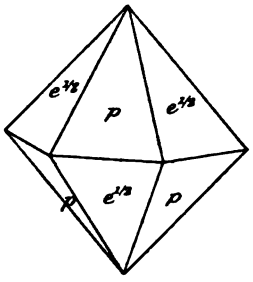


Fig. 34.
Quartz des microgranites et des rhyolites.

Le quartz de rhyolites renferme moins d'inclusions gazeuses et liquides que celui du granite et peut contenir des inclusions vitreuses à formes polyédriques ou quelconques.

Le quartz de ces roches est incolore ou blanc, rarement tout à fait hyalin (rhyolites d'Agay), celui des *porphyroïdes* de Mairus (*Ardennes*) possède une coloration bleue intense.

Le quartz de la pâte des roches porphyriques présente des structures très variées dont la considération joue un rôle important dans les classifications pétrographiques. Dans les microgranites et les microgranulites, ce minéral montre, au microscope, la même structure que dans des granites et des granulites.

J'ai décrit et figuré aux pages 35 et 36 du tome II (fig. 24 et 25) les principales formes des agrégats micropegmatiques qui sont fréquents dans les microgranites et les microgranulites et qui conduisent par des passages insensibles des *micropegmatites auréolées* et à *étoilements* aux *sphérolites à croix noire* (*sphérolites pétrosiliceux*), dans lesquels le quartz n'est plus visible au milieu des fibres feldspathiques.

Enfin il existe dans certaines rhyolites (porphyres) une dernière forme microscopique de quartz que M. Michel Lévy a désigné sous le nom de *quartz globulaire* et qui caractérise les porphyres à quartz globulaire. Elle consiste en petites éponges à formes extrêmement variées qui englobent (*structure pœcilitique*) des cristaux microlitiques de feldspath ou des particules de verre. Ces globules quartzeux ont une orientation optique unique, bien que souvent en lumière naturelle, on constate l'existence d'une structure originellement concentrique ou radiée, décelée par des inclusions ferrugineuses ou argileuses. Ils entourent souvent les phénocristaux de quartz en s'orientant sur eux (*quartz auréolé*).

c) *Dans les syénites, les diorites et les microdiorites.*

Dans les *syénites* et les *diorites quartzifères*, établissant le passage des syénites et diorites normales au granite, le quartz se présente avec

les mêmes propriétés que dans cette dernière roche. Dans les diorites quartzifères, il forme parfois des micropegmatites avec de l'orthose ou un plagioclase acide.

Le quartz des microdiorites a la même structure que celui des microgranulites; tantôt il s'y présente en phénocristaux (porphyre bleu de l'Esterel) en même temps qu'en éléments microgrenus, et tantôt, on ne l'y trouve que sous cette dernière forme (Le Pallet, *Loire-Inférieure*).

d) *Dans les gabbros et les norites.*

Le quartz se rencontre dans les types les plus acides du groupe du gabbro; il y possède les mêmes propriétés que dans le granite. Je l'ai notamment observé dans les gabbros et les norites de contact des environs du Pallet (*Loire-Inférieure*); dans la carrière du Champ Cartier en Vallet, ainsi que le long de la voie du chemin de fer entre le Pallet et Gorges, le quartz des norites présente une coloration bleu violacé qui le fait, au premier abord, confondre avec la cordiérite que j'ai trouvée en abondance dans les mêmes roches[1] (*Bull. Carte géol.*, n° 67. 1899).

e) *Dans les diabases.*

Le quartz se trouve parfois avec un faciès granitique dans les diabases où il remplit les vides miarolitiques, limités par les feldspaths. Dans un grand nombre de gisements, son origine peut être considérée comme secondaire, c'est le cas notamment du quartz des ophites pyrénéennes, qui est toujours accompagné de calcite, d'épidote, etc. Mais dans d'autres cas, il en est peut-être autrement; ce quartz est fréquemment alors groupé en micropegmatite avec de l'orthose ou un plagioclase acide. Le quartz des diabases est généralement microscopique.

f) *Dans les fentes ou dans la masse des roches éruptives comme produit secondaire.*

Le quartz se forme abondamment comme produit secondaire dans la masse même de toutes les roches éruptives, quelle que soit leur composition; on l'observe quelquefois dans leurs fentes en cristaux distincts assez beaux. Le quartz formé dans ces conditions est banal, aussi ne

1. Ce gisement de cordiérite sera décrit dans mon premier supplément; il est à ajouter à ceux qui ont été passés en revue dans le tome I.

citerai-je que quelques gisements de ce genre que j'ai eu l'occasion d'examiner et dans lesquels les cristaux présentent exceptionnellement quelques particularités : il s'agit ici bien entendu du quartz formé par décomposition sur place et non du quartz filonien qui traverse parfois ces roches.

α) Dans la kersantite.

Bretagne. — *Finistère.* Les kersantites qui sont activement exploitées dans la rivière de Daoulas, près de l'hôpital Camfront (rade de Brest), sont traversées par de nombreuses veinules de calcite, au milieu desquelles j'ai trouvé d'intéressants cristaux de quartz accompagnés d'une très petite quantité de fluorine violette. Ces cristaux de quartz ont une de leurs faces p $(10\bar{1}1)$, $e^{1/2}$ $(01\bar{1}1)$ ou e^2 $(10\bar{1}0)$, parallèle à la face a^1 (0001) de la calcite qui est elle-même lamellaire suivant a^1.

Quand on traite celle-ci par un acide, on met en liberté, soit des cristaux de *babelquartz* (Voir page 37, fig. 11), affectant la forme de pyramides hexagonales décroissantes autour de la face d'aplatissement, soit des lames très minces aplaties suivant l'une des trois directions indiquées plus haut.

β) Dans les diabases (ophites).

Des cristaux de quartz se trouvent assez fréquemment dans les fentes des ophites ; ils sont parfois bipyramidés, quelquefois rouges (Dax, *Landes*), plus souvent incolores ou limpides, associés à de l'hématite. Dans le gisement de Lys (*Basses-Pyrénées*) ces cristaux sont creusés de cavités profondes, squelettiformes : ils ont souvent la forme d'un tube hexagone creux.

γ) Dans les péridotites.

Bretagne. — *Loire-Inférieure.* La serpentine de Donges (butte de Sem) renferme en assez grande abondance des rognons de quartz en groupements botroydes fibreux, gris, jaunes ou rougeâtres. (Baret, *op. cit.*).

Pyrénées. — *Ariège.* Le quartz est très rare dans la lherzolite des Pyrénées. Je n'en ai trouvé en cristaux distincts qu'à l'Escourgeat dans la vallée de Suc, près du port de Massat. Ce sont des prismes de 2^{cm} recouverts d'un mince enduit de calcédoine blanche.

Nouvelle-Calédonie. — De jolis cristaux de quartz hyalin un peu raccourcis suivant l'axe vertical se rencontrent dans les serpentines du Sud de l'île.

δ) Dans les roches microlitiques (volcaniques)

Rhyolites.

Côte des Somalis. — Les rhyolites sodiques de la côte des Somalis, notamment celle de l'île de Doumeïra et celles qui sont coupées par le chemin de fer de Djibouti à Harrar, dans les cents premiers kilomètres à partir de la côte, sont très riches en grandes géodes tapissées de cristaux de quartz (pointements p et $e^{1/2}$), parfois associés à de la calcite (Doumeïra) ou à de la calcédoine.

Trachytes et andésites.

Le quartz secondaire est assez fréquent dans les trachytes et les andésites d'Auvergne, il s'y isole rarement dans des cavités sous forme de cristaux très nets. Ces roches volcaniques étant poreuses, le quartz secondaire les imbibe, moulant tous leurs éléments et y prend ainsi une structure microgranitique qui peut servir peut-être à interpréter l'origine du quartz dans la pâte de quelques roches quartzifères. J'ai observé de bons exemples de ce quartz secondaire aux Chazes près le Lioran (*Cantal*) ; il en existe au Mont-Dore, dans un trachyte voisin du Puy Gros (*Puy-de-Dôme*), etc.

Basaltes.

Plateau Central. — *Puy-de-Dôme.* De très petits cristaux de quartz se trouvent à la surface de cristaux de calcite dans les fentes du basalte de Montaudou près Royat ; ils sont remarquablement limpides et ressemblent à des gouttes de rosée ; des cristaux analogues existent dans les fentes des basaltes de la Tour de Gévillat.

Madagascar. — Les roches volcaniques basiques de Madagascar et particulièrement les basaltes sont riches en cavités remplies de cristaux de quartz, généralement associé à de la calcédoine (Voir à *calcédoine*). Il est probable qu'une partie des cristaux d'améthyste rapportés de l'île

viennent de ce genre de gisement. J'en ai observé de beaux échantillons venant d'Ambavatobé (côte N-O.)

Dans le gisement cuprifère de Békiady (basalte altéré), des cristaux de quartz, réduits à des pointements rhomboédriques accompagnent de nombreuses et belles zéolites (mésotype, analcime, heulandite et surtout *gmélinite* [1]).

C'est probablement aussi à ce même genre de gisement qu'il y a lieu de rattacher un bel échantillon de *prase* de la collection du Muséum, rapporté par M. Catat (sans indication géographique précise) : il est constitué par des globules accolés, d'un vert poireau foncé ayant le diamètre d'un petit pois. Ces globules sont composés de baguettes de quartz allongées suivant l'axe vertical et rayonnant d'un centre. Leur structure microscopique est celle du quartz botroyde de la Loire-Inférieure.

La labradorite d'Ambavatobé renferme du quartz analogue, mais d'un vert plus foncé et à fibres plus fines.

Kerguelen. — Les roches basiques de l'île de Kerguelen sont riches en belles géodes de quartz et de calcédoine.

2° *Dans les roches métamorphisées par les roches éruptives.*

Le quartz est l'un des minéraux le plus fréquemment développé dans les roches sédimentaires au contact des roches éruptives ; il se forme notamment dans les grès et dans les schistes argiloquartzeux.

Ce quartz néogène forme des grains distincts, mais il s'oriente souvent sur le quartz préexistant et, dans les grès, arrive à les cimenter complètement, à faire disparaître leur stucture clastique originelle. La roche est ainsi transformée en *quartzite* extrêmement cristallin. Ce quartz néogène se distingue fréquemment du quartz clastique par la nature de ses inclusions et par l'abondance des autres minéraux métamorphiques (*sillimanite*, *andalousite*, *spinelle*, *micas*, etc.) qu'il englobe, minéraux qui, bien entendu, manquent dans le quartz ancien. Dans beaucoup de cas, il semble qu'il y ait eu disparition et recristallisation totale du quartz ancien ; la fig. 5 de la page 58 du tome I représente un cas de ce genre.

De beaux exemples de semblables transformations de grès en quartzites peuvent être cités notamment dans les contacts du granite, en

1. Ces zéolites seront décrites dans le premier supplément.

Bretagne, où M. Barrois en a décrit un grand nombre [grès armoricains et grès dévoniens de Plougastel, aux environs de Huelgoat (*Finistère*), de Rostrenen (*Côtes-du-Nord*) : dans les Pyrénées où j'en ai trouvé d'analogues (contacts du Néouvielle, etc.).

Dans les contacts de la lherzolite des Pyrénées, j'ai décrit (*B. C. F.* n° 42) de semblables quartzites formés aux dépens de grès jurassiques ; dans les uns, riches en dipyre (Tuc d'Ess en Coulédoux, *Haute-Garonne*), le pigment carburé originel de la roche a subsisté, dans d'autres, riches en sillimanite et en andalousite (environs de l'étang de Lherz, *Ariège*), il a au contraire entièrement disparu.

Dans un grand nombre de contacts des Pyrénées et d'autres régions, le granite et surtout les roches métamorphisées par lui sont traversés par de nombreuses fentes que tapissent de beaux cristaux de quartz, d'épidote, d'albite, d'orthose, etc. Je les considère comme liés à la même cause et formés par le même mécanisme qui ont produit les transformations métamorphiques des sédiments eux-mêmes ; je les décris (en indiquant leur origine) un peu plus loin, pour ne pas les séparer d'autres gisements dans lesquels les cristaux de quartz se présentent avec les mêmes formes et parfois les mêmes associations minéralogiques.

Il me reste à considérer les cas dans lesquels le quartz se présente en cristaux distincts au milieu même des roches métamorphiques.

a) *Dans les calcaires métamorphisés par les ophites.*

Le quartz se produit parfois dans des calcaires au voisinage de roches éruptives, c'est ce qui a lieu dans les gisements suivants.

Pyrénées. — Les calcaires métamorphisés par les ophites et qui, au moins en partie, doivent être rapportés au trias renferment parfois des cristaux de quartz qui, à l'inverse de ceux du trias gypseux non métamorphique (voir page 109) sont extrêmement allongés suivant l'axe vertical et généralement dépourvus de sommets distincts ; il en est de même pour les cristaux de dipyre qui les accompagnent souvent (voir tome II, p. 228) ; ils sont parfois creux. Ces cristaux de quartz se trouvent fréquemment dans les collections inexactement déterminés comme dipyre.

Basses-Pyrénées. Des cristaux de quartz noir se rencontrent dans les calcaires du col de Lurdé, de la pointe de Ger au-dessus des Eaux-Bonnes, des cristaux gris dans les calcaires jaunes à dipyre de

Villefranque. Ceux de cette dernière localité ont jusqu'à 4^{cm} de longueur, ils ont leurs formes prismatiques nettes, mais sont généralement dépourvus de pointements et souvent creux.

Les petits cristaux de dipyre de Libarrenx près Mauléon sont accompagnés de très beaux cristaux de quartz engagés dans un calcaire jaune ; ils englobent des paillettes de leuchtenbergite et en supportent d'autres; ils sont gris ou colorés en jaune par de l'argile.

Hautes-Pyrénées. Des cristaux analogues à ceux de Libarrenx se rencontrent à Pouzac et près de Bagnères (route des Palomières) dans les calcaires en contact avec l'ophite. Ils sont caverneux, souvent réduits à un véritable squelette, riches en inclusions de calcite, de phlogopite et contenant des inclusions liquides à bulles mobiles. J'ai observé (maison Amaré) des cristaux de quartz englobant des gerbes d'actinote; parfois les deux extrémités d'une même gerbe de ce minéral sont enveloppées par deux cristaux distincts de quartz. On trouve dans le même gisement des masses caverneuses d'une sorte de meulière extrêmement légère, uniquement constituée par des cristaux microscopiques de quartz.

Des cristaux de quartz se trouvent aussi à Argelès-Debat.

Ariège. Les calcaires à dipyre de la forge d'Engourner près Castillon, renferment des cristaux de quartz qui sont parfois inclus dans des cristaux de dipyre. Mais le gisement de l'Ariège le plus remarquable à cet égard est celui d'Arnave ; le quartz s'y rencontre surtout dans un calcaire sableux, riche en cristaux d'albite, que j'ai trouvé dans une carrière abandonnée derrière le village : ils atteignent 5 centimètres suivant l'axe vertical, avec 2 millimètres seulement de section.

Algérie. — La plupart des gisements contenant des cristaux de dipyre au contact des ophites, renferment aussi des cristaux de quartz très allongés suivant l'axe vertical et creux, comme ceux des Pyrénées. Je citerai en particulier les localités suivantes dont M. Gentil m'a communiqué des échantillons : (voir page 112).

Oran. Sidi el Aïat (Aïn Temouchent).

Alger. Hammam, Melouane, l'Arba, Rovigo, l'Oued Boumane, Letourneux, Tablat, etc...

b) *Dans les enclaves énallogènes des roches éruptives.*

Le quartz abonde dans les roches volcaniques du Plateau Central sous forme d'enclaves enallogènes arrachées à la cheminée servant de sortie au magma éruptif. Ce quartz ne mérite d'être cité ici qu'en raison

des transformations minéralogiques qu'il a subies de la part de celui-ci ou qu'il a déterminées dans ce dernier. J'ai étudié longuement (*Enclaves roches volcan.*, 1893) ces transformations que je me contenterai de rappeler ici.

α) Dans les roches basiques.

Dans les roches basaltiques (*andésites augitiques*, *labradorites*, *basaltes*, *néphélinites*), les enclaves de quartz ont été plus ou moins fondues; leur surface est arrondie, comme vernissée (scories basaltiques des environs de Clermont. *P. de D*, etc.), parfois recouverte de jolis cristaux d'augite (Royat, *P. de D.*). Quand le quartz est resté enchâssé dans la roche volcanique, il est entouré par une zone vitreuse résultant du mélange du produit de sa fusion et du magma volcanique; au contact de celui-ci s'est généralement produite une précipitation de cristaux d'augite. La fig. 31, de la page 601 du tome I, représente un exemple de ces couronnes d'augite qui s'observent non seulement dans les roches basiques, mais parfois aussi dans certains trachytes et andésites (Lioran) (*Cantal*).

β) Dans les trachytes et les andésites.

Dans les trachytes (Mont-Dore, Puy-de-Dôme), les transformations subies par les enclaves de quartz sont un peu différentes; le quartz est étonné, fendillé sans que sa transparence soit altérée, et dans ses fentes se sont développées de très belles lames de tridymite. Les cristaux les plus nets de ce minéral se trouvent au Capucin (Mont-Dore) dans le quartz enfumé, enclavé par le trachyte. J'en ai trouvé également de jolis échantillons dans les granulites englobées dans les trachytes de Menet (*Cantal*).

Les enclaves quartzeuses sont parfois extraordinairement abondantes dans ces roches volcaniques et au col des Goules, sur le flanc du Puy de Pariou (*P. de D.*), on peut recueillir des échantillons de trachyte et d'andésite dans lesquels elles simulent des phénocristaux; elles sont du reste accompagnées de fragments de feldspaths et des autres éléments anciens des blocs de granite dont elles proviennent.

3° *Dans les schistes cristallins.*

Le quartz est un élément essentiel d'un très grand nombre des types pétrographiques constituant les schistes cristallins; son association à des feldspaths, des micas ou des amphiboles est l'une des caractéris-

tiques des *gneiss*, alors que dans les *micachistes* sa proportion est en moyenne beaucoup plus considérable par suite de la disparition des feldspaths. Il se rencontre, en outre, en individus plus petits dans tous les types de *schistes micacés*, de *schistes à séricite*, qui établissent le passage des schistes cristallins aux roches franchement clastiques.

Le quartz des schistes cristallins présente la plus grande analogie avec celui du granite, il est gris, blanc, parfois rougeâtre, plus rarement bleuâtre. Il possède les mêmes inclusions ; sa structure est généralement xénomorphe, parfois granulitique (gneiss granulitique). Il englobe la plupart des éléments de la roche et notamment les traînées de mica ; ses grains sont souvent allongés dans le sens de la schistosité et parfois réunis en grand nombre.

Dans ces roches, les structures à orientations définies sont assez fréquentes soit avec les feldspaths (quartz pegmatique et quartz vermiculé) soit plus souvent avec l'amphibole, les pyroxènes, le grenat, les micas, etc. ; les individus quartzeux se présentent dans ce dernier cas plus souvent avec des formes arrondies qu'avec la forme géométrique qu'ils revêtent dans la pegmatite graphique.

Dans les gneiss riches en sillimanite, ce dernier minéral forme parfois des aiguilles très fines, distribuées en grand nombre à axe parallèle dans le quartz qui prend alors un aspect fibreux très caractéristique (*faserkiesel* des minéralogistes allemands) [Plateau Central ; Cambo (*Basses-Pyrénées*)].

Le quartz, surtout dans les micachistes et les schistes à séricite, peut s'isoler dans des lits distincts, pauvres en minéraux étrangers pour former de véritables *quartzites*. Il y constitue aussi de gros nodules, disposés suivant les lits de schistosité ou des amandes étranglées et distribuées en forme de chapelets ; elles sont fréquemment creusées de cavités dans lesquelles se trouvent des cristaux distincts (formes communes) d'ordinaire d'un blanc laiteux et fréquemment déformés mécaniquement. Aux environs de Pornic (près la pointe Saint-Gildas, (*Loire-Inférieure*), ces amandes sont constituées par l'enchevêtrement de très grands individus présentant des clivages distincts (probablement d'origine secondaire).

L'origine de ces amandes de quartz est dans bien des cas, sinon dans tous, éruptive. Il est fréquent de voir ces amandes en relation avec de véritables filons quartzeux ; elles renferment souvent les mêmes minéraux que ceux-ci (feldspaths, andalousite, disthène, etc.). Ce sont

des amandes ou filonnets de ce genre qui, dans les environs de Nantes (*Loire-Inférieure*), renferment le *quartz aventuriné* que l'on trouve rarement en place (douves Saint-Nicolas à Nantes), mais qui abonde à la surface du sol en blocs épars. Il est généralement teinté en rouge par des infiltrations ferrugineuses qui se sont glissées entre les petits grains dont les reflets donnent de l'intérêt à cette pierre ; celle-ci prend un beau poli.

Les déformations mécaniques sont très fréquentes et parfois d'une intensité remarquable dans le quartz des schistes cristallins et c'est dans les nodules quartzeux de ceux-ci que l'on peut trouver les plus beaux exemples des particularités de structure produites par écrasement et laminage (structure en ciment, extinctions roulantes, etc.).

4° *Dans les filons.*

Le quartz constitue des filons dépourvus de toute substance métallifère, mais dans d'autres cas, il sert de gangue à divers minerais de plomb, de zinc, de cuivre, à du mispickel, de la cassitérite, de l'or, etc. Il n'existe aucune délimitation nette entre les filons exclusivement quartzeux et les filons métallifères à gangue quartzeuse, aussi la division que j'établis plus loin n'a-t-elle qu'une valeur descriptive. Il m'a paru bon de séparer les gisements où les produits métallifères sont assez abondants pour donner lieu à des exploitations de ceux dans lesquels le quartz existe seul. Dans les premiers, du reste, le quartz présente parfois des particularités spéciales dues aux minéraux qui l'accompagnent.

Je n'ai pas cru devoir séparer des filons de quartz, les remplissages incomplets de fentes que l'on trouve si souvent dans les Alpes et qui fournissent tant de beaux cristaux ; il existe en effet tous les passages entre ces deux genres de gisements et pour ceux que je n'ai pas personnellement vus en place, il m'eût été impossible d'établir une distinction justifiée.

Le quartz de tous ces genres de filons est généralemcnt très riche en inclusions liquides.

a) *Dans les filons exclusivement quartzeux et les fentes incomplètement remplies.*

Les filons exclusivement quartzeux se rencontrent en quantité considérable dans la plupart des régions françaises, constituées par des

schistes cristallins, des roches granitiques, des roches sédimentaires anciennes (assises paléozoïques et triasiques surtout). Ils jouent souvent un rôle important dans l'orographie de ces régions par suite de leur résistance aux agents atmosphériques qui ont érodé toutes les roches avoisinantes ; ils constituent alors des crêtes, de véritables murs dominant toutes les autres formations. Je ne chercherai pas à donner des listes de ces filons qui n'ont pas d'intérêt minéralogique, je rappellerai seulement qu'ils sont souvent creusés de géodes que tapissent des cristaux de quartz de toute couleur sans grand intérêt minéralogique ; ils sont le plus souvent réduits aux faces p et $e^{\frac{1}{2}}$. Je ne m'occuperai ici que des gisements fournissant à ma connaissance des cristaux intéressants par leur beauté ou par quelque particularité spéciale.

Les filons de ce genre renferment assez souvent des pseudomorphoses quartzeuses de calcite, de fluorine, etc.

A côté de ces filons de quartz, il y a lieu de citer ici le cas très fréquent dans lequel s'observent dans le granite, dans les schistes modifiés par lui, dans les gneiss et les micaschistes ou même dans des roches sédimentaires non métamorphiques des fentes dont les parois sont tapissées de cristaux de quartz ; cette catégorie de gisement est une de celles qui fournissent les plus remarquables cristaux de ce minéral (quartz hyalin, enfumé, améthyste) ; dans quelques régions, ils sont associés à des cristaux d'adulaire, d'albite, d'axinite, d'épidote, parfois à de l'anatase, du rutile, de la calcite, de l'asbeste, etc.

Dans quelques-uns de ces gisements (Pyrénées), il existe une liaison évidente entre la formation de ces minéraux et les phénomènes de contact du granite, alors que dans d'autres, comme dans certaines localités de l'Oisans, il y a passage à de véritables filons quartzeux et même à des filons métallifères, sans relations évidentes avec des roches éruptives.

Flandre. — *Nord.* J'ai examiné quelques cristaux de quartz très limpides provenant des mines de Saint-Waast à Anzin ; ils sont très déformés, parfois riches en cavités. Leurs faces sont courbes et dans la zone $p\ e^{\frac{1}{2}}$ ils présentent des faces assez nombreuses ; les suivantes : [illegible] m'ont fourni des mesures assez bonnes. Comme dans tous les cristaux de ce genre, ces faces sont irrégulières ; elles sont vraisemblablement dues à des corrosions postérieures. J'ai observé aussi les rhomboèdres suivants :

e^3 $(40\bar{4}1)$, $e^{7/2}$ $(30\bar{3}1)$, $e^{13/2}$ $(50\bar{5}3)$, $e^{7/5}$ $(05\bar{5}1)$: les faces x et s sont peu fréquentes.

Bretagne. — *Côtes-du-Nord.* Parmi les nombreux filons de quartz (souvent exploités pour l'empierrement des routes) qui se rencontrent dans les assises paléozoïques et les roches éruptives de ce département, on ne trouve pas fréquemment de beaux cristaux de quartz. J'en ai cependant étudié quelques-uns que m'a communiqués M. Dorlodot d'Armont; un cristal de quartz hyalin très limpide bipyramidé, mesurant 4^{cm} suivant l'axe vertical provenant des Monts-en-Plouër, des cristaux d'améthyste, du Vieux Marché en Plouaret.

L'améthyte se rencontre assez abondamment dans les filons de quartz qui jouent un rôle géologique important de Saint-Brieuc à Lannion.

M. Havel m'a communiqué des cristaux de quartz parfaitement hyalins, provenant de la limite des départements des *Côtes-du-Nord* et du *Morbihan*, de la lande de Perret, sur les bords de l'étang des Salles de Rohan. Ces cristaux atteignent plus de 20 ^{cm} suivant l'axe vertical, ils sont quelquefois brisés et réunis en grand nombre par un ciment de limonite; très fréquemment les faces p dominent de beaucoup sur $e^{1/2}$.

Ille-et-Vilaine. Des cristaux d'améthyste de couleur claire se trouvent dans les falaises de Saint-Buc en Minihic-sur-Rance.

Finistère. Parmi les filons de quartz qui traversent les schistes de Morlaix se trouvent parfois des cristaux de quartz prase d'un vert poireau foncé.

Grâce à l'obligeance de M. Barrois, j'ai pu examiner quelques beaux cristaux de quartz recueillis dans un filon qui coupe la kersantite de Logonna-Daoulas dans la rade de Brest. Ces cristaux atteignent un décimètre, ils sont hyalins, mais un peu enfumés. Leur structure polysynthétique est fort singulière, ils sont constitués par l'accolement ou l'enchevêtrement à axes parallèles d'un grand nombre d'individus ayant la structure caverneuse des cristaux de quartz déposés dans les argiles; ils présentent les mêmes particularités cristallographiques (déformations, allongement suivant une arête oblique $p\,e^2$, irrégularité et courbures de certaines faces). Sur quelques cristaux, j'ai observé des faces courbes intermédiaires entre p $(10\bar{1}1)$ et $e^{1/2}$ $(01\bar{1}1)$; les images nettes correspondent aux formes H_1 $(41\bar{5}5)$, H_5 $(43\bar{7}7)$, H_6 $(13.12.\bar{25}.25)$ et ξ_2 $(35\bar{8}8)$, dont les angles ont été donnés plus haut. Ces cristaux sont recouverts et imprégnés par de la pyrite en voie d'altération.

M. Pavot m'a remis de jolis cristaux de quartz recueillis à Bohars

près Brest. Ce sont des masses fibro-bacillaires blanches dont les pointements, libres dans les géodes, sont colorés en rouge vif : ils sont généralement encapuchonnés. A Pluguffan près Quimper, des cristaux analogues sont d'un rose orangé d'une nuance très agréable. La zône pigmenté est recouverte d'une couche absolument incolore.

Morbihan. Parmi les nombreux filons ou filonnets quartzeux des micachistes de Belle-Isle-en-Mer, on trouve quelquefois de jolis cristaux d'améthyste dont les faces de la pyramide sont d'ordinaire blanches et opaques; on rencontre aussi du quartz radié, semblable à celui qui est représenté par la fig. 35 (page 69).

De petits cristaux de quartz souvent très aplatis suivant une face e^2 et allongés suivant une arête horizontale $p\ e^2$ se trouvent dans les fentes des micachistes de Saint-Allouestre.

Un filon situé à Saint-Gravé a fourni autrefois de très curieux cristaux de quartz bipyramidé opaque d'un blanc jaunâtre, constitués par $p\ e^{1/2}$, avec très grande prédominance du rhomboèdre primitif; ces cristaux à faciès cubique atteignent 3^{cm} et sont adhérents à des cristaux plus petits de forme normale; ils sont parfois recouverts de calcédoine : cette même particularité s'observe sur des cristaux de quartz hyalin ou rose, limpides ou translucides se rencontrant à Saint-Avé.

Des cristaux octaédriques de fluorine, transformés en quartz, abondent dans des filons quartzeux à Luscannen et à Botcouarh (T. II, p. 781) près Vannes.

Loire-Inférieure. Les cristaux distincts sont rares dans les nodules et les filonnets de quartz de la côte s'étendant de la pointe Saint-Gildas à Pornic et à la Bernerie. M. Baret a signalé cependant un énorme cristal de quartz laiteux encapuchonné provenant de la côte de Sainte-Marie.

Le même minéralogiste a indiqué de beaux cristaux de quartz limpides, laiteux ou enfumés dans de nombreux autres gisements analogues de ce département. (Nozay, Pierric, Marsac, etc. Voir *op. cit.* 38, 1898). Ces cristaux sont de formes simples (avec quelquefois s, x, $e^{7/4}$).

Vendée. — *Vendée.* La collection du Muséum possède un échantillon de quartz fibreux incolore, très analogue à celui de Brioude, décrit plus loin, et indiqué comme provenant des Herbiers ; il a été sans doute recueilli dans l'un des filons ou nodules quartzeux des schistes à séricite de cette région.

Rivière a signalé (*Mém. soc. géol. France*, 2e série, IV, nos 2, 72), dans le granite de Chambretaud et de Chantemerle, des veines de quartz hyalin, enfumé, améthyste, etc., avec cristaux souvent limpides, autrefois utilisés pour la joaillerie et désignés dans le pays sous le nom de *pierres de Chambretaud*. Les cristaux de Chambretaud que j'ai examinés (p. 52) me paraissent liés génétiquement à la pegmatite.

Anjou. — *Maine-et-Loire*. Parmi les nombreux filons quartzeux de l'Anjou, il y a lieu de faire une mention spéciale pour ceux qui sont constitués en grande partie ou complètement par des cristaux de quartz, allongés suivant l'axe vertical et groupés en sphéroïdes de plusieurs centimètres, parfois de plusieurs décimètres de diamètre. Cette structure est fort curieuse et peut être regardée comme une production sphérolitique géante. La fig. 35 reproduit la photographie d'un échantillon extrait d'un filon de ce genre; les gisements à citer sont ceux de Beaucouzé, Chavagnes, Martigné-Briand, Saint-Lambert-la-Poterie, Chaudefonds, Brissac, etc. Ce quartz blanc, jaune, plus rarement noir (Chavagnes), s'y trouve en blocs, parfois énormes, épars au milieu des champs; il a été signalé pour la première fois par Mesnard de la Groie (*J. M.* XXVII. 67) qui a donné au Muséum la plupart des échantillons que j'ai étudiés.

Fig. 35.
Quartz en masses bacillaires de Beaucouzé.
(*Photographie un peu réduite.*)

Le quartz fibreux de Beaucouzé est parfois implanté sur de gros rhomboèdres de calcite, transformés en quartz et pouvant aisément être décapuchonnés, comme ceux qui sont représentés plus loin par la fig. 42.

Pyrénées. — Les cristaux de quartz hyalin sont assez abondants dans les fentes du granite et des schistes cristallins de toute la chaîne, mais un très petit nombre de gisements se recommandent pour la beauté des cristaux.

Basses-Pyrénées. Des cristaux de quartz hyalin se rencontrent dans

les fentes du granite et des sédiments métamorphiques des environs des Eaux Bonnes et des Eaux Chaudes.

Hautes-Pyrénées. Les fentes à cristaux dont il a été question aux articles *axinite*, *épidote*, *prehnite*, abondent dans les environs de Barèges et notamment à la Piquette déras lids ; les cristaux qu'elles renferment sont soit hyalins, soit colorés en verdâtre et imprégnés d'asbeste (œil de chat). De magnifiques prismes pesant plusieurs kilogrammes ont été rencontrés dans ce gisement, ils ont parfois une structure fibreuse (fig. 36). Ils sont généralement pauvres en faces et ne présentent que les formes habituelles avec s, x. J'ai cependant observé sur l'un d'eux la face v_2 (17.1.$\bar{1}$8.1), entre x et e^2. Ces cristaux sont quelquefois constitués à l'une des extrémités par un pointement unique et à l'autre par un grand nombre de pointements distincts groupés à axes parallèles.

Fig. 36.
Quartz de la Piquette déras lids. (*Photographie un peu réduite.*)

Le quartz hyalin se trouve aussi dans les mêmes conditions aux environs de Cauterets et dans le massif du Vignemale.

Haute-Garonne. Le quartz hyalin en beaux cristaux est peu abondant dans les montagnes de la Haute-Garonne, il existe cependant en cristaux limpides dans un grand filon situé dans le Mail de Cristal, prolongement occidental du pic de Crabère. Ce filon déjà cité par de Dietrich est inaccessible et les échantillons ne peuvent être trouvés que dans les éboulis. Ce quartz est soit hyalin, soit chloriteux, il supporte parfois de petits cristaux d'anatase ; ses formes sont simples, on y voit assez souvent s et x.

Ariège. Les lits de talc alternant avec les calcaires paléozoïques de Pitourless en Lordat, non loin des carrières de talc de Trimounts sont traversés par de nombreux filonnets de quartz, au contact desquels le calcaire s'est chargé de larges lames de talc, de masses fibreuses de trémolite, etc. J'ai trouvé (*B. S. M.* XIV. 307. 1891) dans ces filons des cristaux de quartz présentant des phénomènes de torsion hélicoïdale ou de torsion dans un plan, extrêmement intenses. Les fig. 20, 22, 37 et 38 donnent une idée de quelques-unes de ces déformations. Tantôt le cristal a été tordu ou courbé, sans que sa continuité soit extérieurement interrompue (fig. 37), tantôt au contraire, il a cédé par

places et alors, ou bien la plaie est restée béante, ou bien au contraire elle a été ressoudée par la même substance. Les clivages p $(10\bar{1}1)$ et $e^{1/2}$ $(01\bar{1}1)$, et parfois e^2 $(10\bar{1}0)$ sont fréquents dans ces cristaux déformés. J'ai indiqué page 37 l'effet de ces déformations sur la structure microscopique de ces cristaux qui sont toujours d'un blanc laiteux.

Dans un même filon, des cristaux voisins sont souvent tordus dans des sens différents, l'intensité de la déformation et le sens de la torsion semblent liées uniquement à la position du cristal par rapport à la poussée de la force déformante. Il est probable en outre que les géodes du filon étaient, au moment de la déformation, remplies de calcite, ce qui expliquerait pourquoi les fragments brisés ont pu fréquemment rester fixés au cristal originel par des points d'attache extrêmement fragiles.

Fig. 37.
Quartz de Pitourless en Lordat tordu hélicoïdalement. (*Photographie réduite à la moitié environ.*)

Fig. 38.
Quartz de Pitourless en Lordat tordu en crosse (*Photographie réduite à la moitié environ.*)

J'ai trouvé des cristaux semblablement déformés dans la recherche de talc effectuée sur un lambeau talqueux, enclavé dans le granite près du col de l'Estagnet (Sud-Est d'Ax).

J'ai recueilli d'assez beaux cristaux de quartz hyalin dans les fentes des schistes paléozoïques modifiés par le granite endomorphisé, entre le lac Naguille et le col de Clottes de Port.

Les petits cristaux de quartz hyalin ne sont pas rares dans les contacts granitiques du Quérigut, je n'y ai vu aucune particularité intéressante (p, e^2, $e^{1/2}$, x, s).

[illegible] — [illegible] terrain [illegible] quartz, [illegible] de ce [illegible] M. [illegible] J'ai [illegible] en quartz hya- [illegible]

[illegible] — [illegible] à [illegible] de quartz hya- [illegible] macroscopiques [illegible] de la [illegible]

Plateau Central — *Tarn.* [illegible] de quartz hyalin et [illegible] dans les [illegible] Ces cris- [illegible] à axes parallèles avec [illegible]

Haute-Loire. [illegible] le nom de [illegible] des échantillons de quartz blanc ou rosé en [illegible] atteignant 3^{m} de longueur et ressemblant, au [illegible] du gypse fibreux. M. Vernière m'a donné des rensei- [illegible] de ce minéral aujourd'hui difficile à trou- [illegible] des [illegible] horizontaux au milieu d'une argile en [illegible] le gneiss, lui-même traversé par un filon de quartz. Le [illegible] au Nord du hameau de Costecirgues près de [illegible] à près de 100 mètres au-dessus du pont de l'Allier. Il [illegible] dans cette même argile des rognons d'une amphibole d'un [illegible] verdâtre. Le quartz fibreux se trouve sous la même forme dans des rognons siliceux englobés par des argiles oligocènes en contact avec les gneiss au-dessus de Paulhac et au Sud du hameau du Pouget en Beaumont (au Nord-Est de Brioude).

J'ai examiné de nombreux échantillons de ce quartz. D'après les fragments de gangue, qui y adhèrent, il est évident qu'il a été produit originellement dans le gneiss; les échantillons de Costecirgues supportent en effet de la damourite verdâtre résultant de la décomposition de feldspath, ceux du Pouget en Beaumont une amphibole très altérée, d'un jaune clair. L'orientation des fibres du quartz est variable et paraît être la conséquence de son origine pseudomorphique, aux dépens de calcite fibreuse à laquelle il est parfois encore associé.

On trouve des cristaux d'améthyste à la montagne des Pierres des Bagues à Vezezoux.

Puy-de-Dôme. Les filons quartzeux sont très nombreux dans ce département ; il y a lieu de faire une place toute spéciale à ceux qui sont constitués par de l'améthyste ; ils ont fait depuis le commencement du XVII[e] siècle l'objet d'exploitations actuellement reprises ; la taille de cette pierre constitue aujourd'hui près de Clermont une petite industrie locale intéressante.

Les filons contenant l'améthyste (*N.N.O.*), sont surtout abondants aux environs d'Issoire ; l'améthyste en cristaux implantés sur les parois du granite et constituant parfois de belles géodes y est un accident plus ou moins abondant au milieu de quartz blanc ou laiteux ; ce sont ces cristaux qui sont extraits, brisés et triés pour la taille. Je dois à MM. Bouhard, Demarty et P. Gautier les nombreux échantillons que j'ai étudiés.

Les principaux filons se trouvent dans les gisements suivants : ravin de Chambelève (Genestine) sous Saint-Étienne-sur-Usson, les filons ayant environ 1 m. 50 à 2 m. d'épaisseur et visibles sur près de 2 kilomètres, fournissent des blocs rubanés et aussi de beaux cristaux ; à 8 m. de la surface, on a trouvé de la pyrite arsénicale, un peu aurifère, constituant le milieu du filon ; Jaladis-de-Condat (blocs rubanés) ; Vernet-la-Varenne (filons de la Fontaine d'Escout et filons des Espagnols à Pégut) ; La Croix Saint-Barthélemy en Champagnat-le-Jeune ; Marnat près Jumeaux (pierres claires) ; Lair près Saint-Germain-Lherm (améthyste veinée de calcédoine laiteuse) ; La Bessière près Aix-la-Fayette (améthyste très colorée, encapuchonnée de quartz blanc), etc.

Le filon des Espagnols à Pégut a présenté des géodes mesurant de 3 à 5 mètres suivant sa direction et assez larges pour qu'un homme puisse y passer. Elles sont en général remplies d'argile et tapissées de cristaux d'améthyste, souvent recouverts de calcite. Ces géodes se terminent par le contact des cristaux recouvrant les parois. Elles sont incrustées d'une argile silicifiée ferrugineuse, passant à un véritable jaspe, celle-ci contient parfois à l'état isolé des cristaux d'améthyste d'un beau violet vif homogène, alors que ceux des parois sont irrégulièrement colorés (voir plus loin) et recouverts d'une couche superficielle blanche ou opalescente.

M. P. Gautier m'a communiqué des cristaux d'un violet presque noir (avec *p* presque seul), provenant d'un filon parallèle au précédent et

séparé de lui par 300m environ ; il a 25m de puissance. Vers 1840, on a découvert dans ce même filon (sous le château de la Chapelle) de gros cristaux d'améthyste complets et séparés les uns des autres, au lieu de constituer comme ceux de tous les autres gisements des croûtes cristallines.

Les filons de quartz de la région située entre la Montgie, Saint-Étienne-sur-Usson et Saint-Germain-Lherm ne renferment guère l'améthyste que dans leurs parties amincies et leurs apophyses. Ils sont normalement constitués par du quartz blanc.

Les cristaux d'améthyste de ces gisements ne présentent jamais que des pointements p et $e^{1/2}$; très souvent dans les cristaux entièrement violets, les faces p $(10\bar{1}1)$ prédominent et il n'est pas rare d'observer des cristaux à apparence cubique dans lesquels de petites facettes $e^{1/2}$ sont à peine indiquées.

Dans plusieurs filons, mais particulièrement dans celui de Chambelève, on rencontre des géodes avec cristaux superficiellement rouges et ternes qui présentent une forme polysynthétique très nette représentée par la fig. 39. Le pointement du cristal est normal, mais ses bords sont disposés en étoile par suite de l'existence d'angles rentrants mettant nettement en évidence les individus qui constituent le groupement. C'est la contre-partie des cristaux bien connus d'améthyste d'Oberstein, dans lesquels chaque angle de la pyramide est remplacé par une gouttière creusée au contact des individus qui constituent l'assemblage. Il est assez fréquent de ne trouver ces angles rentrants que sur trois faces seulement du cristal. D'ordinaire les vides formés par les angles rentrants sont hérissés de petits cristaux d'améthyste disposés d'une façon quelconque. Les groupements de ce genre atteignent souvent 3 centimètres de diamètre et peuvent même dépasser cette dimension.

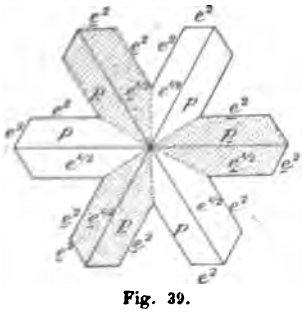


Fig. 39.
Projection sur la base d'un cristal d'améthyste de Chambelève présentant la macle du Brésil avec angles rentrants profonds.

La couleur de l'améthyste d'Auvergne est en moyenne d'un violet très foncé, donnant de jolies pierres surtout dans les petites tailles, les grosses étant trop foncées et tirant sur le violet noir. La couleur d'un cristal est rarement homogène et ce défaut d'homogénéité apparaît très nettement dans les coupes des cristaux. La fig. 40 représente

la photographie d'un cristal de Chambelève scié parallèlement à une face e^2 ; on voit nettement les alternances de zones violettes et de zones incolores ou blanches. Ceci n'est pas une exception, en effet, dans un même filon, la partie des cristaux qui est appuyée sur le granite est souvent blanche, puis se succèdent des zones de coloration variée et le sommet des cristaux pointant dans les géodes est tantôt violet, tantôt blanc ou jaune ; c'est ce qui a lieu surtout pour de très gros cristaux.

La macle complexe représentée par la fig. 37 se trouve dans les cristaux à surface blanche ou jaune.

La fig. 28 (page 44) montre la structure d'un cristal scié normalement à l'axe ternaire ; on voit qu'il est bâti sur le même plan que les améthystes du Brésil décrites par Des Cloizeaux. D'une façon presque générale, les zones violettes sont constituées par le mélange de cristaux droits et gauches et montrent en lumière convergente les spirales d'Airy, ou une croix plus ou moins régulière, tandis que les secteurs blancs

Fig. 40.
Améthyste de Chambelève taillée parallèlement à une face prismatique et montrant les alternances de quartz laiteux et de quartz violet. (*Photographie un peu réduite.*)

Fig. 41.
Quartz encapuchonné de Charbonnières-les-Varennes. Le cristal extérieur est enfumé ; celui qu'il recouvre est laiteux. (*Photographie réduite à la moitié environ.*)

sont constituées par des individus droits ou gauches. On y trouve cependant aussi des superpositions d'individus de signe différent. J'ai représenté un cristal à structure peu régulière, mais on trouve souvent des cristaux dont la structure est plus schématique encore que celle représentée par la fig. 27.

Aux affleurements des filons, l'améthyste conserve rarement sa couleur violette : les blocs extraits et laissés à l'air deviennent au bout de quelques années verdâtres, puis se décolorent complètement.

D'énormes cristaux de quartz enfumé ou hyalin, toujours réduits aux

formes p et $e^{1/2}$ tapissent les fentes des grands filons de quartz de Charbonnières-les-Varennes. Ces cristaux sont généralement polysynthétiques comme ceux que représente la fig. 61 et souvent aussi encapuchonnés (fig. 41). C'est dans ce même gisement que se rencontrent les pseudomorphoses de calcite en quartz (fig. 42) et la chalcolite qui sont décrites à ces espèces. Le filon de Champeau près du volcan de Gravenoire présente les mêmes particularités.

Fig. 42.
Rhomboèdres de calcite transformés en quartz avec, à droite, leur contre-empreinte en quartz. Charbonnières-les-Varennes. (*Photographie réduite au quart environ.*)

Des filons de quartz, traversant la région granitique de Saint-Clément, renferment parfois des agrégats à formes sphéroïdales constitués par des cristaux de quartz disposés radialement et généralement implantés sur un noyau de granite. M. Gonnard a trouvé (*C. R.* CIII. 1036. 1886) au milieu de ceux-ci des vides octaédriques, laissés par des cristaux de fluorine, disparus ; ces vides renferment, limités également par des lames quartzeuses, des moules d'octaèdres plus petits, ayant la même orientation que le grand octaèdre qui les renferme (voir page 93).

Dordogne. Les schistes cristallins des environs de Saint-Martin de Fressingeas sont traversés par des filons quartzeux renfermant de beaux cristaux d'améthyste. M. Michel a trouvé dans quelques-uns d'entre eux des aiguilles de gœthite, rappellant l'onégite du lac Onéga.

Saône-et-Loire. Les filons de quartz d'âge triasique qui s'observent à Pruzilly, près de Chasselas et à Leynes renferment par places d'assez jolis cristaux de quartz incolore, enfumé (très noir) ou améthyste ; ils sont généralement réduits à des pointements birhomboédriques, sans prisme distinct.

Alpes. — *Haute-Savoie, Massif du Mont-Blanc.* La protogine et les schistes métamorphisés par elle sont dans le massif du Mont-Blanc sillonnés de filonnets de quartz qui fournissent en abondance considérable de magnifiques cristaux de quartz ; ceux de la protogine sont

généralement plus gros et plus teintés (enfumés, améthystes) que ceux des roches métamorphiques, qui sont le plus souvent hyalins.

Les gisements les plus remarquables à citer sont : au Nord-Est du Mont-Blanc, la chaîne des Aiguilles d'Argentières jusqu'au Mont-Dolent (notamment le Tour noir) qui domine le glacier d'Argentière ; le glacier de Lognan ; puis à l'Est de Chamonix, le glacier des Bois, la Mer de glace apportent les éboulis des crêtes qui dominent le glacier du Mont-Blanc et de la Chaponaz (aiguille du Dru notamment), le glacier de Talèfre (aiguilles des Droites, des Courtes, du Talèfre, du Moine et au milieu du glacier, le Jardin du Talèfre), les glaciers du Géant ou du Tacul, etc. Enfin, plus près du Mont-Blanc, les Aiguilles de Charmoz, du Midi, le Dôme du Goûter, le glacier de Miage, etc.

A l'Ouest et au Nord-Ouest de Chamonix, il faut aussi signaler la chaîne du Brévent et des Aiguilles rouges (schistes cristallins).

A l'Aiguille du Tour noir, les cristaux sont forts beaux ; ils se trouvent dans la protogine très altérée ; les cristaux de quartz hyalin, accompagnés d'un peu de quartz enfumé et de fluorine rose s'observent surtout dans les veines de quartz blanc, alors que les cristaux enfumés et améthystes ont particulièrement pour gangue du quartz noir ; les cristaux de cette région peuvent dépasser 6 kg.

Ces cristaux ont été peu étudiés. Haidinger (*Treat. Min. Mohs.* Edinburgh 1825) a décrit un remarquable cristal de Chamonix présentant l'hémiprisme K [$(51\bar{6}0)$]. Des Cloizeaux (*Mém. sur le quartz*, p. 73) a signalé le plagièdre μ sur un cristal enfumé de la même localité. Enfin M. Brun a décrit des cristaux, recueillis entre le Mont-Frety (versant italien) et la Brenna, et présentant les formes $e^{3/2}$ $(05\bar{5}1)$, $e^{7/5}$ $(04\bar{4}1)$, s et x.

J'ai examiné un assez grand nombre d'échantillons de cette région.

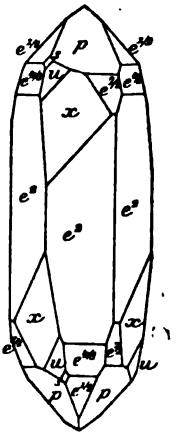


Fig. 43.
Quartz enfumé du massif du Mont-Blanc.

Parmi eux, il faut citer en premier lieu de très beaux cristaux d'un noir foncé, extrêmement brillants, rappelant ceux du Saint-Gothard ; ils sont riches en faces, les rhomboèdres les plus fréquents sont : e^{32} $(11.0.\bar{1}1.\bar{1}0)$, $e^{13/2}$ $(50\bar{5}3)$, $e^{7/2}$ $(30\bar{3}1)$, e^{3} $(40\bar{4}1)$, $e^{3/3}$ $(11.0.\bar{1}1.2)$ et le rhomboèdre inverse $e^{1/3}$ $(07\bar{7}2)$ à faces ternes, mais dont le symbole est assuré par l'existence d'une petite

face q ($3\bar{8}11$), en zone avec ce rhomboèdre et u ($31\bar{4}1$). Les faces de ce dernier plagièdre sont plus ou moins ternes, alors que celles de x sont toujours plus brillantes et plus largement développées (fig. 43). J'ai aussi rencontré $e^{3/2}$ ($05\bar{5}1$), $e^{7/5}$ ($04\bar{4}1$), $e^{5/3}$ ($08\bar{8}1$).

Ces cristaux sont très groupés et rappellent à cet égard ceux des pegmatites, les individus composants sont de même rotation ; ils sont implantés avec quelques rares cristaux d'apatite sur un granite (protogine).

Le type le plus fréquent parmi les cristaux de quartz enfumé du massif du Mont-Blanc est d'une couleur différente des premiers. Leur coloration est peu intense, avec souvent une teinte un peu rosée. Ces cristaux sont fréquemment groupés à axes parallèles, souvent bipyramidés et montrent alors leurs faces x normalement disposées aux deux extrémités d'une même arête verticale. Plus rarement, on trouve des macles par pénétration suivant e^2, avec des faces x à l'extrémité de plusieurs arêtes verticales contiguës, les composants de la macle ont d'ordinaire la même rotation (fig. 5).

Dans ces cristaux, les faces p dominent fréquemment sur $e^{1/2}$; c'est ce qui a lieu pour de très gros cristaux provenant des Courtes (15 cm. suivant l'axe vertical et 6 cent. de diamètre) que possède la collection du Muséum.

Les macles vicinales avec torsion hélicoïdale, bien connues par les cristaux du Saint-Gothard s'observent dans ces gisements. Ce sont des groupements fermés ou demi-fermés (voir p. 31), allongés suivant une arête $p\ e^2$ et aplatis suivant une face e^2 (fig. 44).

Fig. 44.
Quartz enfumé tordu hélicoïdalement (macle vicinale presque fermée).

Les cristaux enfumés de cette région sont fréquemment recouverts de ripidolite écailleuse dont la cristallisation a commencé au moment où celle du quartz finissait, de telle sorte que la ripidolite ne se trouve qu'à la surface du quartz. Lorsqu'on frotte de semblables cristaux, la ripidolite disparaît, ne laissant plus guère que son empreinte à la surface du quartz. Le quartz chlorité du type habituel, c'est-à-dire avec ripidolite englobée dans le cristal, se rencontre aussi.

Les cristaux de quartz hyalin offrent les mêmes formes que les

cristaux enfumés, ils renferment parfois des aiguilles d'épidote (glacier des Bois), de rutile, d'asbeste ; la collection Romé de Lisle contient un cristal légèrement verdâtre (montagne de la Côte, près Chamonix) riche en fibres d'asbeste qui, s'il était taillé, constituerait un joli œil de chat.

La collection du Museum possède depuis peu une macle suivant ξ, du type représenté par la fig. 58 ; elle vient des Alpes de la Savoie, mais sans indication précise de localité.

Savoie. Les fissures des schistes paléozoïques et du granite de la Tarentaise renferment aussi des cristaux de quartz (col de l'Enclave, etc.). J'ai observé un cristal limpide de cette région ayant les faces e^2 peu développées, alors que divers rhomboèdres e^3 ($40\bar{4}1$), $e^{7/2}$ ($30\bar{3}1$), $e^{7/5}$ ($04\bar{4}1$), $e^{5/4}$ ($03\bar{3}1$) prennent une large extension. Un autre cristal enfumé présente la macle suivant e^2, se manifestant par de larges faces x, placées sur des arêtes verticales contiguës.

J'ai examiné, grâce à l'obligeance de M. Denis, de jolis cristaux de quartz hyalin limpide (7 à 8 cm), venant du col du Petit Galibier, (versant savoyard, opposé à celui des Hautes-Alpes, conduisant à la Grave). Ces cristaux sont remarquables par leur limpidité ; ils sont incolores avec une teinte bleuâtre ; très souvent, ils sont polysynthétiques, l'une de leurs extrémités étant constituée par un pointement unique, alors que l'autre est des plus complexes.

Isère. Depuis une époque très reculée, les environs du Bourg d'Oisans sont célèbres par les beaux cristaux de quartz que l'on y rencontre et que l'on y a exploités avec activité. Il semble que la découverte de la mine de la Gardette et les recherches intermittentes faites sur ses filons aient, depuis la fin du siècle dernier, déterminé peu à peu l'abandon des anciens filons qui ont fourni aux collections tant de beaux cristaux et dont Guettard a donné une intéressante description (*Mém. sur la minér. Dauphiné*, 1779.457).

Les plus célèbres de ces *cristallières* se trouvent dans le prolongement des Grandes-Rousses, limité par la rivière de l'Eau d'Olle et la Romanche ; elles sont pour la plupart sur le territoire d'Huez. Ces gisements se continuent à l'Est par ceux des environs de la Grave qui seront décrits plus loin (*Hautes-Alpes*).

Il y a lieu de citer tout d'abord la grande cristallière d'Huez, située à 2.700 m. d'altitude au pied du glacier des Grandes-Rousses, au-dessus de la Herpière (rive gauche du ruisseau de Charbonnières), puis

celle du pied du pic de l'Étendard; il existe d'autres filons, plus au Sud, à l'Herpie-en-Huez, puis entre Auris et le Freney au-dessus des Rivaux du Puy, entre Mizoen et Clavans. Des recherches ont été faites en outre sur des filons coupés par le torrent de la Sarrenne, d'un côté au-dessus de la Garde-en-Huez et de l'autre à la Font-Poulain à Maronne-en-la-Garde.

Dans la vallée de l'Eau d'Olle, il faut citer les environs de Vaujany.

Le quartz de cette région est généralement hyalin, parfois chlorité, beaucoup plus rarement (Maronne) enfumé et alors de couleur très foncée. Le seul de ces vieux gisements dont j'ai étudié des cristaux d'origine certaine est celui de Maronne (Font-Poulain) dont la collection du Muséum possède de nombreux et beaux échantillons; ces cristaux sont de grande taille, associés à de très gros cristaux de calcite jaunâtres, quand le quartz est enfumé, blancs et rosés quand il est

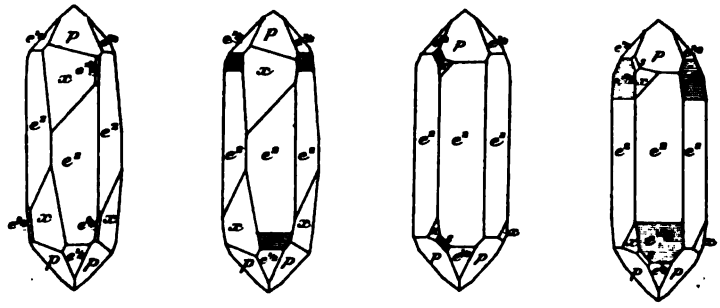


Fig. 45 à 48.
Formes communes du quartz hyalin de l'Oisans.

hyalin. Ils sont souvent dans ce dernier cas imprégnés d'une ripidolite d'un blanc verdâtre et associés à des cristaux de sphène (spinthère), plus rarement à des cristaux d'anatase.

Dans cette même région, le quartz abonde en cristaux hyalins et très limpides, non plus dans des filons, mais dans les fentes des schistes cristallins; il y est associé à l'axinite, à l'épidote. Ces cristaux sont généralement de taille plus petite que dans les filons proprement dits, leur cristallisation est contemporaine de celle des autres minéraux qu'ils enveloppent ou supportent.

Parmi les gisements dans lesquels le quartz accompagne l'axinite, je citerai vis-à-vis le village d'Auris, sur la rive gauche de la Romanche, la rampe des Commères où j'ai recueilli des cristaux intéressants.

C'est surtout associés à ces mêmes minéraux que les cristaux de

quartz se rencontrent au Sud de la Romanche, entre cette rivière et le Vénéon, dans les montagnes du Mont-de-Lans et de Saint-Christophe en Oisans.

On les trouve aussi dans les fentes des granulites de tous les gisements (Les Puits, Combe de la Selle, etc.), qui sont décrits à l'étude de l'albite, de l'anatase, de la brookite, de la turnérite, etc. Des filons de quartz ont été exploités au trou de la Faille, au pied du glacier de la Selle (2.800 m. d'altitude).

Dans cette région, le quartz est presque toujours hyalin ou chloriteux, quelquefois jauni par des imprégnations ferrugineuses, très rarement enfumé ou améthyste ; les cristaux de ces dernières variétés que j'ai vus étaient petits et mauvais [1].

Les auteurs qui, jusqu'à ce jour, ont décrit les cristaux de quartz de

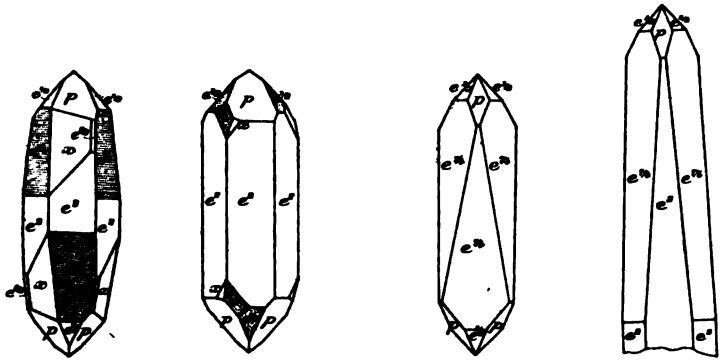


Fig. 49 à 52.
Formes fréquentes du quartz hyalin de l'Oisans.

la région qui nous occupe n'ont jamais, à quelques rares exceptions près indiquées plus loin, précisé le gisement exact des matériaux étudiés, qui sont vaguement indiqués comme provenant du Dauphiné, de l'Oisans ou même de l'Isère [1] ; les renseignements fournis par eux peuvent donc aussi bien s'appliquer aux cristaux de La Gardette, des Chalanches ou des Hautes-Alpes qu'à ceux que je décris ici.

1. Dans la description de la collection Heuland, Lévy a figuré plusieurs cristaux de quartz qu'il indique comme provenant de Meillans (*Isère*) ; d'après sa description, un petit nombre d'entre eux viennent des géodes des septarias de Meylan ; pour les autres, l'indication de gisement est inexacte et ces échantillons associés à l'épidote, à la chlorite, viennent certainement de l'Oisans.

Les cristaux de l'Oisans sont en moyenne pauvres en formes intéressantes. L'hémiscalénoèdre x est généralement seul; u ($31\bar{4}1$) si fréquent dans le quartz du massif du Mont-Blanc constitue ici au contraire une rareté.

Les rhomboèdres directs brillants $e^{8/3}$ ($11.0.\bar{1}\bar{1}.2$) et $e^{13/5}$ ($60\bar{6}1$), les rhomboèdres inverses striés $e^{13/8}$ ($07\bar{7}1$) et $e^{7/4}$ ($0.11.\bar{1}\bar{1}.1$) sont fréquents. Ce dernier rhomboèdre devient parfois prédominant, les cristaux ont alors la forme aciculaire bien connue (fig. 52). Les figures 45 à 52 représentent les combinaisons les plus habituelles d'après G. Rose (*Abhandl. Akad. Berlin.* 236.1844). Ce savant a observé en outre ε ($12\bar{3}1$) à faces mates dans des cristaux accompagnant de l'épidote (fig. 50).

Les faces p et $e^{1/2}$ sont souvent identiques comme aspect; quelquefois les faces p sont verruqueuses, alors que les faces $e^{1/2}$ sont unies, mais peu brillantes. G. Rose a fait remarquer que les faces p ont parfois un reflet rougeâtre, tandis que sur les faces $e^{1/2}$, le reflet est verdâtre.

Fig. 53.
Quartz de l'Oisans.

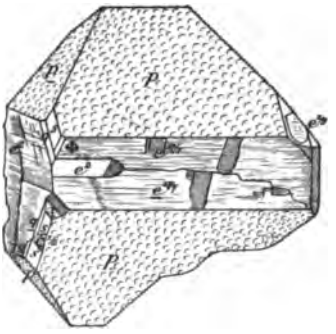


Fig. 54.
Quartz de l'Oisans.

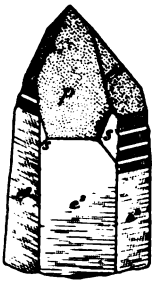


Fig. 55.
Quartz enfumé de Maronne.

Dans son mémoire sur le quartz, Des Cloizeaux a donné les trois figures suivantes représentant des cristaux de quartz du Dauphiné.

La fig. 53 reproduit un cristal montrant le rhomboèdre inverse $e^{13/8}$ ($07\bar{7}1$) et $e^{5/3}$ ($08\bar{8}1$) et les deux plagièdres π ($35\bar{8}3$) et λ_1 ($15.21.\bar{1}\bar{0}2.15$) de la zone $p\,s\,e^2$.

Le cristal représenté par la fig. 54 est un quartz chlorité, aplati suivant une face e^2 et offrant la macle à axes parallèles du type a; deux faces p se trouvent en effet à l'extrémité d'une même face e^2; ce

cristal présente le plagièdre q (3.8.$\bar{11}$.3) de la zone $p\,s\,e^2$ et la forme probable Φ (10.2.$\bar{12}$.3), avec en outre le rhomboèdre direct $e^{17/7}$ (80$\bar{8}$1).

Quant à la fig. 55, elle représente un cristal enfumé de Maronne offrant une série de faces en escaliers, constituées par $e^{1/2}$ et $e^{11/6}$ (0.17.$\bar{17}$.1).

Des Cloizeaux a, en outre, cité un certain nombre de formes rares sur des cristaux de quartz du Dauphiné, mais sans indiquer les combinaisons dont elles font partie. J'ai pu retrouver les indications suivantes dans sa collection. La localité précise de ces cristaux n'est pas fixée, mais d'après leur gangue je puis assurer qu'ils ne viennent pas de La Gardette (pour ceux-ci, voir page 95).

De très petits cristaux implantés sur une amphibolite présentent en outre des formes s, u, x, une petite facette w (3.7.$\bar{10}$.3) de la zone $p\,s\,e^2$. Dans un autre cristal du même échantillon on rencontre : s, u, y (41$\bar{5}$1), x et ε (12$\bar{3}$1), avec en outre $e^{13/2}$(50$\bar{5}$3) et $e^{7/2}$ (30$\bar{3}$1); un troisième cristal offre $e^{13/8}$ (07$\bar{7}$1), e^3 (40$\bar{4}$1), $e^{7/2}$ (30$\bar{3}$1), $e^{13/2}$ (50$\bar{5}$3), avec s, u et x.

La forme ν_2(17.1.$\bar{18}$.1) a été trouvée sur un angle de la combinaison p, $e^{1/2}$, $e^{7/4}$, s, x, sur un autre cristal qui présentait en outre une petite facette π (35$\bar{8}$3) et les rhomboèdres $e^{13/8}$ (07$\bar{7}$1) et $e^{5/3}$ (08$\bar{8}$1), et enfin sur un cristal ne présentant en outre que le rhomboèdre $e^{7/4}$ associé aux formes habituelles.

ν_3 (23.1.$\bar{24}$.1) ne constituant également que de très petites facettes entre x et e^2 se montre sur des cristaux offrant $e^{8/3}$ (11.0.$\bar{11}$.2) et surtout $e^{7/4}$ (0.11.$\bar{11}$.1) très développée (type de la fig. 52).

Le plagièdre ε (12$\bar{3}$1) a été observé sur des cristaux chloritès, offrant en outre le rhomboèdre strié $e^{13/8}$ (07$\bar{7}$1).

Un cristal bipyramidé et recouvert d'oxyde de fer présentait à l'une de ses extrémités une large face p et à l'autre un pointement normal avec, dans la zone $p\,e^{1/2}$, une petite face β (27$\bar{9}$9), une large face H_1 (41$\bar{5}$5) ondulée et de très petites facettes brillantes, imparfaitement déterminées, mais paraissant voisines de ξ (11$\bar{2}$2) (type de la fig. 65).

Sur des cristaux chlorités accompagnant la crichtonite ont été trouvées une face β (27$\bar{9}$9) et une face γ_1 (12$\bar{3}$3) arrondies.

La forme z (99.7.$\bar{10}$6.11)) constitue une très petite facette dans la zone $x\,e^{11/5}$ (16.0.$\bar{16}$.1) sur un cristal qui ne présente en outre de ces trois formes que les faces habituelles.

Un autre cristal offre $e^{31/15}$ (45.0.$\bar{45}$.16) et une petite face Σ_1 (61.3.$\bar{64}$.4) dans la zone $x\,e^{31/15}$.

Enfin un dernier cristal présente e^5 (20$\bar{2}$1), $e^{7/2}$ (30$\bar{3}$1), avec la forme rare n_1 (1.21.$\bar{2}\bar{2}$.1) et x.

Des groupements à angles rentrants abondent dans de beaux cristaux que j'ai recueillis à la Rampe des Commères. Ils tapissaient une vaste géode riche en axinite et en épidote. Au lieu d'être implantés comme d'ordinaire, normalement ou obliquement sur leur gangue, ils sont enchevêtrés les uns dans les autres, et souvent bipyramidés. Atteignant jusqu'à 7 centimètres, ils englobent et supportent de nombreux cristaux d'épidote. Les angles rentrants sont visibles sur les faces s et x et sont limités par ces faces et par p ou $e^{1/2}$. Les individus du groupement sont soit de même signe, soit de signe différent.

Très fréquemment les faces p (10$\bar{1}$1) prédominent sur $e^{1/2}$. Des rhomboèdres inverses sont ternes, striés et paraissent en moyenne être au moins aussi obtus que $e^{3/4}$ (07$\bar{7}$5) : j'ai observé les rhomboèdres brillants suivants : $e^{31/15}$ (45.0.$\bar{4}\bar{5}$.16), $e^{5/2}$ (70$\bar{7}$1), e^3 (40$\bar{4}$1), $e^{13/2}$ (50$\bar{5}$3) ; s est fréquent. Les plagièdres sont nombreux, x est presque constant, parfois associé à u (31$\bar{4}$1) : j'ai rencontré sur plusieurs cristaux μ (13$\bar{4}$1), ρ (15$\bar{6}$1), λ (5.33.$\bar{3}\bar{8}$.5) seuls ou associés, formant des faces petites, mais brillantes. Il existe aussi une face probablement nouvelle entre μ et μ_2 : son angle avec p (128°) ne se mesure pas avec une précision suffisante pour qu'on puisse la préciser.

Les cristaux de Clavans ne m'ont présenté aucune particularité remarquable ; ils sont limpides, parfois légèrement teintés en jaune clair ; les faces s et x ne sont pas rares. De même qu'à la Gardette, une forme p prend souvent un développement exagéré (fig. 62), s est quelquefois très large. Les cristaux atteignent parfois 8 cm suivant l'axe vertical et ont en moyenne de 4 à 5 cm.

Je noterai en terminant que M. Gonnard a récemment signalé les rhomboèdres $e^{31/11}$ (14.0.$\bar{1}\bar{4}$.3) et $e^{8/3}$ (11.0.$\bar{1}\bar{1}$.2) sur de petits cristaux accompagnant l'anatase et la crichtonite de Vaujany (?) (Z. *K.* XXXIV. 279.1901).

G. Rose a fait remarquer que les cristaux du Dauphiné ont le plus souvent une apparence simple et que les macles par rotation autour de l'axe vertical et par interpénétration ne se manifestent pas par des angles rentrants, mais seulement par la différence d'éclat des faces p et $e^{1/2}$ placées sur le même plan, les individus maclés étant généralement de même rotation. L'examen optique fait par Des Cloizeaux et que j'ai moi-même poursuivi sur un grand nombre de cristaux du

Dauphiné fait voir que cette simplicité de structure n'est qu'apparente. Les sections taillées perpendiculairement à l'axe vertical montrent que, si d'ordinaire il y a un individu dominant, celui-ci englobe presque toujours sous forme de taches ou facules irrégulières des individus de rotation contraire ou est entouré par eux.

Il en est de même pour l'observation concernant la rareté des macles par pénétration incomplète. Dans les nombreux échantillons que j'ai étudiés, j'ai trouvé fréquemment de semblables groupements qui présentent tous les stades depuis le simple accolement de deux individus dont les faces p et $e^{1/2}$ sont sur le même plan (fig. 6 et fig. 4), jusqu'à la pénétration complète donnant un édifice à apparence simple.

Enfin j'ai observé une macle suivant la loi de la Gardette, provenant du pied du pic de l'Étendard.

De jolis cristaux de quartz hyalin ont été trouvés avec barytine et ripidolite dans les fentes des roches houillères de Peychagnard près La Mure.

Hautes-Alpes. De très nombreux gisements de quartz hyalin se trouvent aux environs de la Grave, sur les deux rives de la Romanche; j'ai examiné plusieurs centaines de cristaux de cette région.

Le principal gisement dont l'exploitation, aujourd'hui interrompue, remonte au commencement du siècle dernier se trouve sur la rive droite de la Romanche, à 2 km. en aval de la Grave, vis-à-vis le village des Fréaux et à gauche (en la regardant de la route nationale) de la cascade de la Pucelle. Ce gisement exploité par galeries a fourni, dit-on, des cristaux ayant 1 m. de longueur sur 0 m. 4 de diamètre; la dernière exploitation n'a donné que des cristaux mesurant 0 m. 3 au plus. Ils sont quelquefois associés à des mouches de pyrite, de chalcopyrite, de galène. C'est à une centaine de mètres au-dessus de ce filon que se trouve un gisement d'anatase, dans les fentes de chloritoschistes que tapissent aussi de jolis cristaux limpides de quartz hyalin et de calcite.

Un gisement à signaler est celui du Clot de la Bordanche, près le plateau de Paris (La Grave).

De beaux cristaux ont été rencontrés dans des filonnets situés sur les contreforts du Goléon, à 2 ou 3 km. au Sud du glacier Lombard et notamment sur les deux rives du torrent du Goléon; ils sont souvent associés à des cristaux d'albite, parfois à des sphénoèdres de chalcopyrite (surtout sur la rive droite du torrent, vis-à-vis du refuge

du Club Alpin. Les cristaux de la rive gauche sont fréquemment aplatis suivant e^2 et très allongés suivant une arête $p\,e^2$. Ils ont alors l'aspect de la figure 67, mais avec arête horizontale $p\ e^2$ continue. Dans une même géode, tous les cristaux ont parfois cette disposition. Dans quelques échantillons, j'ai vu des veinules, constituées par des cristaux, ainsi construits, adhérents aux deux parois de la fente; il en résulte des agrégats grossièrement fibreux dont les fibres sont allongées suivant une perpendiculaire à l'axe vertical. Ces cristaux sont du reste souvent mélangés à d'autres ayant une orientation quelconque. Dans les cristaux de ce gisement offrant une allure normale, on trouve très fréquemment des macles par accolement (type *b*).

De nombreux gisements se trouvent au Sud de la Romanche, dans la partie septentrionale du massif du Pelvoux; les plus riches sont les suivants : dans le massif du mont de Lans (au N.-E. du gisement de la Combe de la Selle indiqué plus haut), la Roche Mantel, le glacier du Mousset entre la Pointe de Muretouse et Girose, Girose, le lac Noir, Malprésure; dans le massif des Peyrou d'aval et d'amont, à 100 mètres du refuge Chancel près le lac du Puy Vachier (quartz chlorité); dans le massif de la Meije, à l'Enfetchore de droite du glacier; dans le massif de l'Homme, dans les contreforts du Pic de l'Homme, etc.

Fig. 56.
Quartz hyalin de Girose et de la Gardette.

De tous les cristaux de ces divers gisements que j'ai eu la possibilité d'étudier, ceux de Girose sont de beaucoup les plus intéressants; ils m'ont été communiqués par M. Denis et par M. Laurent. Ils sont souvent normalement développés, quelquefois un peu chlorités, très limpides; *s* prend fréquemment une très grande extension, $e^{8/3}$ $(11.0.\bar{1}\bar{1}.2)$ et *x* l'accompagnent presque toujours; les rhomboèdres inverses les plus habituels sont $e^{11/6}$ $(0.17.\bar{1}7.\bar{1})$ et $e^{7/4}$ $(0.11.\bar{1}\bar{1}.1)$. Souvent cette dernière forme devient prédominante et le cristal prend alors la forme aciculaire bien connue (fig. 51 et 52) : il est parfois terminé par une seule face *p* (fig. 56).

Un beau cristal venant de l'Enfetchore présente les faces *p* dominantes avec les rhomboèdres $e^{7/2}$ $(30\bar{3}1)$, $e^{31/11}$ $(14.0.\bar{1}4.3)$ brillants,

avec $e^{5/4}$ ($03\bar{3}1$), terne, venu par macle sur le prolongement de son inverse $e^{7/2}$: il existe en outre s, u ($31\bar{4}1$), x, avec en outre w ($3.7.\bar{10},3$). J'ai rencontré aussi un plagièdre inférieur à w, ne donnant pas des mesures suffisantes pour qu'il soit possible de le préciser; il est intermédiaire entre μ et μ_2, son angle avec p est d'environ 129°.

Dans un autre cristal, j'ai observé entre s et e^2 (zone $p\,s\,e^2$) une large face très striée parallèlement à l'arête $s\,e^2$ et présentant à l'œil nu l'apparence d'une forme bien définie; sous le goniomètre, on observe une série ininterrompue d'images se prolongeant sur environ 10° entre s ($p\,s = 151°6$) et π ($3\bar{5}83$) [$p\,\pi = 141°31$], sans qu'il soit possible d'en préciser aucune.

J'ai acheté récemment pour la collection du Muséum une magnifique macle suivant la loi de la Gardette qui m'a été indiquée comme provenant du Clot de la Bordanche : le plus grand individu mesure 8 cm suivant l'axe vertical. Il est implanté sur quelques cristaux de quartz offrant des formes banales : cet échantillon est tout à fait identique à ceux de la Gardette.

Corse. — La collection du Muséum possède de très beaux cristaux de quartz hyalin, partiellement chloriteux, très allongés suivant l'axe vertical et indiqués comme provenant de Laporta près Bonifacio. Je n'ai pu recueillir aucun renseignement sur le gisement dont proviennent ces cristaux qui atteignent 25 cm suivant l'arête verticale.

Des cristaux d'améthyste dont le poids atteint 1 kg. ont été signalés par M. Hollande (*Ann. sc. géol.* IX. 49. 1877), au voisinage du gabbro (verde di Corsica) de l'Alezani et du Monte Grosso près Calvi.

Algérie. — *Constantine.* Les schistes cristallins de Bône sont traversés par des filonnets de quartz, parmi lesquels se trouvent parfois de jolis cristaux de quartz hyalin (1 à 2 km. au N.-O. de la ville avant le Fort génois), il est possible qu'ils soient à rapporter aux filons pegmatiques de la même région qui sont riches en cristaux de quartz enfumé : je les ai décrits avec ceux-ci, p. 54.

Madagascar. — La grande île est célèbre depuis le milieu du XVIII^e^ siècle par les beaux blocs de quartz hyalin et les cristaux nets pesant jusqu'à plusieurs centaines de kilogrammes qu'en rapportent les voyageurs. Flacourt (*Hist. de Madagascar*, 1658, p. 300) donne sur la carte de l'île Sainte-Marie et de la côte voisine des indications montrant que de son temps, ce quartz était recueilli sur le bord des

rivières se jetant en face de l'île Sainte-Marie (rivières Soamianina, Marimbo, Manantsatrana et Maningory). La collection du Muséum possède un gros cristal bipyramidé roulé, jaune, long de 0 m. 50 et large de 0 m. 09 rapporté en 1776 de cette région par Rochon.

Nous ne sommes malheureusement pas bien fixés sur les localités précises où ce minéral se rencontre en place et surtout sur les conditions géologiques de son gisement. Les blocs sont en effet recueillis à l'état roulé dans les rivières. D'après la constitution géologique de la région que celles-ci irriguent, il est probable que ce quartz provient de filons situés au milieu des schistes cristallins et des roches granitiques et probablement aussi dans certains cas, comme je l'ai indiqué page 53 de filons de pegmatite et de filons aurifères. Il y a là un sujet intéressant de recherches que je signale aux minéralogistes et géologues qui auront l'occasion de voyager dans cette région.

Quoi qu'il en soit, le quartz en blocs hyalins se trouve partout au N.-E. et à l'E. de l'île et surtout dans les vallées descendant à la côte depuis Vohémar à Mahanoro et plus au Sud dans celles de la Mahasora et de ses affluents (notamment la Tandranora).

C'est à Vohémar que les bateaux de Nossi-Bé venaient autrefois prendre les chargements de quartz et cela explique pourquoi les échantillons qui se trouvent dans le commerce de l'optique sont généralement indiqués comme provenant de Vohémar. La collection du Muséum possède un cristal provenant de la Montagne des Français près Diego Suarez.

Voici quelques gisements à citer spécialement :

Boina. Mont Vohijavona (avec tourmaline) ; près le fort de Mandritsara.

Imérina : Amboasary (mont Hiaranandriana).

Betsiléo : N.-E. de Fianarantsoa, district d'Ambositra, plateau de Lamboharana entre Ihosy et Ambohimandroso.

Tanalas : Lit du Manandriana, près Ambohimanga Atsimo.

Les gros cristaux sont généralement trop roulés pour que l'on puisse déterminer avec précision les petites facettes qui accompagnent les formes habituelles. J'ai observé sur eux e^2, p, $e^{1/2}$, $e^{8/3}$ (11.0.11.2) s, x, u.

Les clivages e^2,p et $e^{1/2}$ sont souvent très nets. Les inclusions à bulles sont extrêmement abondantes (fig. 23 et 24), parfois visibles à l'œil nu, distribuées en grand nombre suivant des plans parallèles. On

trouve fréquemment des inclusions de longues aiguilles de rutile (surtout dans le quartz légèrement enfumé, voir la figure donnée à l'article *rutile*), d'épidote, des paillettes de ripidolite, des rhomboèdres de sidérite, et, comme on l'a vu page 53, des cristaux de tourmaline, de micas.

La structure intime du quartz de Madagascar est comparable en général à celle des cristaux de l'Oisans; de grands cristaux de la collection du Muséum montrent de nombreuses macles à axes parallèles, constituées d'ordinaire par des individus de même rotation (type *b*).

On observe parfois des surfaces creusées de cavités profondes polyédriques à angles arrondis comme dans les cristaux de Guttanen. Vom Rath a décrit un échantillon de ce genre (*P. A. Jubelband*, 1874. 539) (Vohémar), entièrement limité par des facettes en creux,

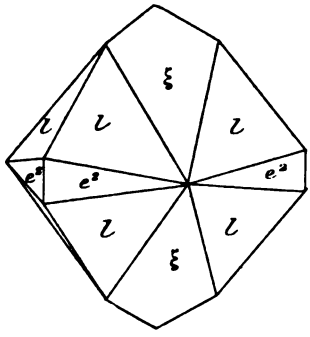


Fig. 57.
Forme théorique des cavités d'un quartz de Madagascar.

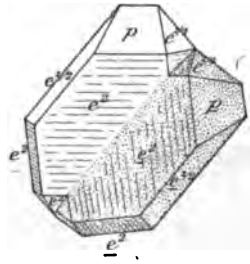


Fig. 58.
Macle de la Gardette (Madagascar).

planes ou courbes et creusées de cavités polyédriques; l'une d'elles renfermait, enveloppés par de l'argile, des fragments offrant les mêmes facettes, mais en relief et présentant un aspect rhombique (pointements à huit faces). A la suite d'une étude comparative faite sur des cristaux du Valais, vom Rath a montré que les facettes planes sont constituées par des faces e^2 et les courbes par des faces ξ $(11\bar{2}2)$ et une forme voisine de $d^8 = l$ $(81\bar{9}7)$, non signalée dans le quartz. La fig. 57 représente la forme théorique du solide formé par cette combinaison curieuse [$l e^2 = 144°56'$, $l \xi = 161°6'$ $l l = 139°43'$.]

Ces gros blocs ou gros cristaux de quartz transparent ne constituent pas la seule forme sous laquelle ce minéral se trouve à Mada-

gascar. Il abonde en cristaux de toutes les tailles. Les plus intéressants viennent du pays des Baras du mont Vohitseranana ; l'un d'eux renferme une cavité renfermant plusieurs centimètres cubes d'un liquide mobile. A la Source de la reine (Ambohimalaza), se trouvent de jolis cristaux rappelant ceux de Viesch (p, $e^{1/2}$, $e^{7/2}$, $e^{5/4}$, etc.).

La collection du Muséum possède aussi des cristaux allongés suivant l'axe vertical, très limpides et provenant d'Ambohimanambola (prov. de Bétafo) ; ils présentent les formes habituelles, avec quelquefois $e^{3/2}$, $e^{11/7}$, $e^{7/4}$, $e^{8/3}$, s et x.

M. Penfield a décrit une macle suivant la loi de la Gardette achetée à Londres comme provenant de Madagascar (*Am. J.* XXXVI. 324. 1888) sans indication plus précise. Elle a 2 cm 5 de plus grande dimension (fig. 58) et offre la plus grande ressemblance d'aspect avec celles qui, depuis quelques années, sont connues au Japon.

L'améthyste est également très fréquente à Madagascar ; elle constitue des cristaux de quelques centimètres, parfois d'un beau violet, rappelant la couleur de l'améthyste de l'Oural. Les cristaux que j'ai vus ne sont pas généralement très limpides, mais riches en cavités et en grosses bulles qui se déplacent quand on les fait mouvoir.

Fig. 59.
Cristaux d'améthyste groupés autour d'un cristal de quartz incolore. Madagascar. (*Photographie un peu réduite.*)

On trouve aussi de curieux groupements à axes parallèles de cristaux d'améthyste qui se réunissent autour d'un cristal incolore (fig. 59) ou bien sont venus s'implanter à l'extrémité d'un cristal de quartz hyalin. La première variété forme des groupements cristallitiques de grande taille rappelant ceux de la Sibérie, alors que les autres (fig. 60) constituent de petits groupes semblables à ceux de Schemnitz et du Mexique (quartz sceptre). M. A. Grandidier m'a remis de jolis cristaux de ce genre venant du mont Vohiposa (lat. 21°1′, long. 44°47′) dans le Betsiléo. M. G. Grandidier a rapporté récemment un cristal roulé d'améthyste d'un joli violet recueilli près de Mahanara (côte N.-E., à 50 km. S. de Vohémar) et m'a en outre signalé des cristaux

de ce genre qui accompagnent le quartz enfumé à Ambohimalaza (cercle de Tsiafahy) dans l'Imérina. On en a trouvé aussi à Bétafo, Arivonimano, Miarinarivo, etc.

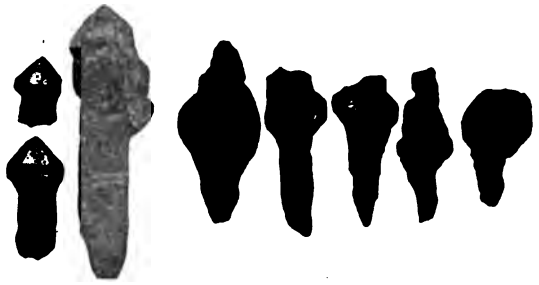


Fig. 60.
Cristaux d'améthyste surmontant des cristaux de quartz hyalin ou embrochés par eux (*quartz sceptre*). Mont Vohiposa (Madagascar. (*Photographie un peu agrandie.*)

Guyane. Je n'ai aucun renseignement précis sur le mode de gisement de deux cristaux de quartz de la collection du Muséum qui sont indiqués comme provenant de la Guyane : ils ont été recueillis sans doute dans un des nombreux filons de quartz qui traversent les gneiss de cette région. L'un est hyalin et présente la combinaison $e^2\ p\ e^{1/2}\ s\ x$ avec une très petite facette ν_3 (23.1.$\bar{2}\bar{4}$.1).

L'autre, ayant environ 15 centimètres suivant l'axe vertical et un diamètre presque aussi grand, est enfumé : il ne présente que les formes communes, mais il possède une structure cristallitique très prononcée : ses faces sont creusées en profondes trémies.

b) *Dans les filons métallifères.*

Je considérerai séparément le cas dans lequel le quartz est la gangue principale du filon et celui dans lequel il ne constitue qu'un élément accessoire dans des gangues carbonatées.

α) Filons à gangue exclusivement quartzeuse.

Les filons métallifères à gangue de quartz existent en très grand nombre en France, il ne saurait être question d'en tenter même une énumération ; la plupart des gisements cités aux articles *galène*, *blende*, *pyrite*, *chalcopyrite*, *panabase*, etc., renferment en quantité plus ou moins grande des cristaux de quartz, parfois limpides et de belle taille. Je ne m'occuperai ici que des gisements fournissant des cristaux remarquables par leur beauté, leur limpidité ou par quelque particularité spéciale. J'y joindrai en outre les gisements ayant fourni

des pseudomorphoses en quartz de *fluorine*, de *calcite*, de *barytine*, etc. qui sont étudiés avec plus de détail dans la description de ces diverses espèces.

Je ferai remarquer, pour n'y plus revenir, qu'un nombre considérable de filons concrétionnés (et notamment de galène), renferment des moules en creux de cubes ou d'octaèdres ou parfois des lames minces groupées en grand nombre d'une façon irrégulière ou en gerbes (quartz haché); les premiers limitent la place occupée originellement par des cristaux de fluorine, plus rarement de galène, alors que les autres sont constitués par des lames de quartz développées dans les intervalles de cristaux ou de lames crêtées de barytine. Ce ne sont pas des pseudomorphoses, mais des enveloppes de cristaux disparus. Il est peu de gisements cités à la galène et à la fluorine qui ne présentent de semblables échantillons.

Fig. 61.
Quartz à structure polysynthétique des mines de Huelgoat. (*Photographie un peu réduite.*)

Bretagne. — *Côtes-du-Nord.* La blende des mines de Chatelaudren a pour gangue non seulement du quartz cristallisé, mais encore de la calcédoine concrétionnée.

Finistère. Le quartz cristallisé est très abondant dans les filons de Huelgoat et de Poullaouen. Tous les échantillons que j'ai vus sont constitués par des géodes tapissées par des pointements $p\ e^{1/2}$ atteignant plusieurs centimètres de diamètre. Ils sont parfois hyalins et saupoudrés de petits cristaux de pyrite et de marcasite. A Huelgoat, on a trouvé de très gros pointements formés par le groupement à axes parallèles d'un nombre considérable d'individus qui sont très visibles à la périphérie du cristal dont le pointement paraît homogène (fig. 61).

On verra plus loin la description de rhomboèdres de calcite transformés en quartz et provenant de ce gisement.

Morbihan. Les filons de cassitérite de la Villeder ont fourni quelques très beaux cristaux de quartz transparent, les uns absolu-

ment hyalins, les autres d'un noir intense, enfin, plus rarement, il s'en est trouvé d'enfumés avec une teinte rougeâtre. Ces derniers atteignent 5 à 6 centimètres de plus grande dimension, ils sont souvent très allongés suivant une arête oblique $p\,e^2$ (fig. 67); les cristaux incolores sont parfois très déformés, extrêmement aplatis, presque lamellaires suivant une face e^2 et alors allongés suivant une arête horizontale $p\,e^2$. Dans ces cristaux une face p est souvent développée d'une façon exagérée à l'une des extrémités. De beaux cristaux enfumé supportent quelquefois les cristaux de cassitérite.

Le quartz compact qui sert de gangue à la cassitérite a un éclat très gras; le choc y développe une odeur fétide caractéristique. L'examen microscopique fait voir qu'il est riche en inclusions liquides à bulle mobile ; il englobe la cassitérite, le béryl, le mispickel, etc.

Cévennes. — *Gard.* Les filons de galène du Rouveguère à Mercoirol ont fourni autrefois non seulement de beaux cristaux de galène, mais encore des cristaux très nets de quartz renfermant très fréquemment de grosses inclusions liquides (avec bulle mobile), ayant quelques millimètres de diamètre (quartz aérohydre).

Haute-Loire. Les filons barytiques des environs de Brioude renferment fréquemment des cristaux de quartz, parmi lesquels se trouve parfois de l'améthyste (Ourouze, etc.). De belles pseudomorphoses en quartz d'octaèdres de fluorine se trouvent dans le filon de fluorine et de barytine de Barlet près Langeac, à la Tourette, etc.

Ardèche. Des cristaux cubiques p (100) et b^1 (110) de fluorine entièrement transformés en quartz se rencontrent dans des filons de quartz coupés par la route d'Aubenas à Lazuel (Gonnard. *B. S. M.* XV. 34. 1892); ils atteignent parfois 4 cm. suivant une arête cubique, ils sont alors creux et tapissés par des cristaux de quartz.

Puy-de-Dôme. Des cristaux analogues ont été observés par M. Gonnard sur la fluorine de la Roche Cornet, de Villevieille et de la Vernède, sur le Sioulet près de Pontgibaud (*C. R.* CVI. 558. 1888); des octaèdres de fluorine transformés en quartz se trouvent à Sauviat près Courpières, etc. (voir aussi page 76).

Haute-Vienne. Des cristaux de babel quartz ont été indiqués par Des Cloizeaux dans des filons de quartz et de fluorine des environs de Saint-Yrieix. La collection du Muséum possède des cristaux de calcite transformés en quartz provenant de cette même localité.

Rhône, Saône-et-Loire. Le quartz des filons concrétionnés de galène de ces départements ne présente pas, à ma connaissance, de particularités intéressantes; mais le quartz haché (Chenelette, Monsols, Longelay (*Rhône*), les moules en creux de cubes ou d'octaèdres de fluorine y sont particulièrement abondants.

Je dois au frère Anthelme un très bel échantillon de fluorine cubique

Fig. 62.
Groupe de cristaux de quartz hyalin de la Gardette : plusieurs cristaux montrent la prédominance d'une des faces *p*.

transformée en quartz, provenant d'un filon situé entre Saint-Laurent-de-Chamousset et Sainte-Foy-l'Argentière (Rhône).

Vosges. — *Vosges.* La collection du Muséum possède un gros échantillon de quartz des filons de galène de la Croix-aux-Mines; il est constitué par des pointements birhomboèdriques (de 3 cm. de diamètre) blancs, encapuchonnés par du quartz jaune; il existe un espace

vide discontinu entre les cristaux et leur croûte superficielle. Une partie de celle-ci a été brisée (naturellement ou artificiellement), de telle sorte que, par places, elle ne constitue plus que de petits îlots irréguliers, supportés par de grêles pédoncules.

Alpes. — *Massif du mont Blanc.* — *Haute-Savoie.* Les mines de plomb et de cuivre des environs de Servoz (T. II. 706), ont fourni autrefois de beaux cristaux de quartz hyalin dont je n'ai pas eu d'échantillons entre les mains.

Savoie. La mine de galène de Pesey en Tarentaise (t. II. 492) était riche en très beaux cristaux de quartz hyalin, quelquefois imprégné d'hématite, d'asbeste, etc., et associés à de la dolomite, de l'albite, de

Fig. 63 à 65.
Quartz hyalin de la Gardette.

la barytine, etc. Les cristaux que j'ai examinés sont très limpides, mais pauvres en faces; en outre des formes habituelles, quelques-uns d'entre eux seulement présentent les formes *s* et *x*.

M. Druetti m'a signalé l'existence au Musée du Valentino, à Turin, d'une macle suivant ξ (11$\bar{2}$2) provenant de ce gisement ; elle est associée à de la dolomite, de la pyrite et de la galène.

Isère. De tous les gisements français de quartz, le plus célèbre, peut-être, est celui de la mine d'or de la Gardette (t. II, p. 422) en Villard-Eymond, près le Bourg d'Oisans. Ce filon quartzeux ayant environ 0 ^{cm} 9 de puissance présente des renflements creusés de grandes géodes, d'où ont été extraits les magnifiques groupes de cristaux qui se trouvent dans toutes les collections sous le nom de quartz du Dauphiné, de l'Isère, de l'Oisans, d'Allemont (la fonderie où se traitait le minerai de la Gardette était dans cette dernière localité), ou du Bourg d'Oisans.

Au sortir de la mine, les cristaux de quartz ne sont pas toujours

incolores, comme ceux que l'on voit dans les collections; ceux-ci ont généralement subi un traitement à l'acide chlorhydrique, destiné à les débarrasser d'un enduit ocreux jaune qui est parfois accompagné de magnifiques irisations.

Les cristaux de la Gardette sont allongés suivant l'axe vertical; leur plus grande dimension dépasse souvent 10 cm.; ils forment de fort beaux groupes; l'un d'eux est représenté par la fig. 62. Ces cristaux sont généralement pauvres en faces intéressantes; une face p du pointement est souvent tellement développée que les autres faces disparaissent presque complètement (fig. 62) (quartz basoïque d'Hauy); s et x sont fréquentes et quelquefois la première de ces formes est très largement développée. Il existe souvent des rhomboèdres aigus, striés, M. Gonnard a récemment signalé $e^{11/4}$ ($50\bar{5}1$), $e^{13/5}$ ($60\bar{6}1$), $e^{31/15}$ ($45.0.\bar{4}5.16$); $e^{8/3}$ n'est pas rare.

Fig. 66.
Quartz hyalin de la Gardette aplati suivant e^2.
(*Photographie un peu réduite.*)

J'ai passé en revue à diverses reprises chez le guide Albertazzo un grand nombre de cristaux de quartz de la Gardette sans y trouver d'autres formes intéressantes que de très petites facettes, souvent courbes, ν_2 ($17.1.\bar{1}8.1$); un de ces cristaux (fig. 64) présente cependant entre p et $e^{1/2}$ une large surface ondulée, creusée de cavités triangulaires; elle donne des réflexions presque ininterrompues entre H_0 et ξ, avec plus de netteté au voisinage de H_1 ($p\ H_1$, obs. 171°28′) et H_3 ($p\ H_3$: 166° environ). Ce sont là, sans aucun doute, des faces de corrosion naturelles.

Le rhomboèdre $e^{7/4}$ ($0.11.\bar{1}1.1$) domine quelquefois (fig. 51), surmonté par une seule face p (fig. 56).

Les fig. 63 et 64 représentent d'après Des Cloizeaux (*Mém. sur le quartz*) deux cristaux plus compliqués qui offrent les formes $e^{13/8}$ ($07\bar{7}1$), $e^{31/15}$ ($\bar{4}5.0.\bar{4}5.16$) et les faces intéressantes Σ_1 ($61.3.\bar{6}4.4$), w ($3.7.\bar{1}0.3$], χ_1 ($21.1.\bar{2}2.27$) et t_2.

Des cristaux curieusement mal formés se rencontrent assez souvent dans ce même filon de la Gardette : les fig. 73 à 75 représentent quelques-uns des plus remarquables que j'ai eu l'occasion d'étudier.

Il n'est pas rare d'y trouver aussi des cristaux de quartz, aplatis suivant une face e^2 et enfilés en grand nombre suivant une arête $p\ e^2$ (fig. 67), ou d'autres allongés suivant l'axe vertical (fig. 66) ou suivant une arête oblique $p\ e^2$ (fig. 68).

Fig. 67.
Quartz hyalin de la Gardette aplati suivant e^2 : les cristaux sont groupés en grand nombre et produisent quand le groupement est fermé un allongement suivant une arête horizontale $p\ e^2$. (*Photographie réduite au tiers environ.*)

Le principal intérêt que présente le quartz de la mine de la Gardette réside dans la macle à axes inclinés suivant ξ (11$\bar{2}$2) que j'ai désignée plus haut sous le nom de *macle de la Gardette* et qui pendant longtemps n'a été connue que dans ce gisement ; elle y est peu commune. Cette macle a été décrite par Weiss (*Abh. K. Akad. Wiss. Berlin*, 1829, p. 77), puis étudiée en grand détail par Des Cloizeaux (*op. cit.* 151), par M. Gonnard (*Ann. soc. agr. Lyon*, VI. 860) et par vom Rath (*P. A.* CLV. 57. 1875).

Fig. 68.
Quartz hyalin de la Gardette allongé suivant une arête oblique $p\ e^2$. (*Photographie grandeur naturelle.*)

Les cristaux offrant cette macle sont plus ou moins aplatis suivant une face e^2 qui se trouve sur le même plan dans les deux individus constituant le groupement ; ceux-ci ont en général la même épaisseur, les faces de leur sommet libre sont le plus souvent disposées symétriquement, ce sont deux faces p qui sont inclinées en avant sur la face commune d'aplatissement (fig. 69). Cependant dans des cas plus rares, cette symétrie n'existe plus, on observe alors en avant une face p dans un cristal et une face $e^{1/2}$ dans l'autre (fig. 70).

incolores, comme ceux que l'on voit dans les collections; ceux-ci ont généralement subi un traitement à l'acide chlorhydrique, destiné à les débarrasser d'un enduit ocreux jaune qui est parfois accompagné de magnifiques irisations.

Les cristaux de la Gardette sont allongés suivant l'axe vertical; leur plus grande dimension dépasse souvent 10 cm.; ils forment de fort beaux groupes; l'un d'eux est représenté par la fig. 62. Ces cristaux sont généralement pauvres en faces intéressantes; une face p du pointement est souvent tellement développée que les autres faces disparaissent presque complètement (fig. 62) (quartz basoïque d'Hauy); s et x sont fréquentes et quelquefois la première de ces formes est très largement développée. Il existe souvent des rhomboèdres aigus, striés, M. Gonnard a récemment signalé $e^{11/4}$ $(50\bar{5}1)$, $e^{13/5}$ $(60\bar{6}1)$, $e^{31/15}$ $(45.0.\bar{4}\bar{5}.16)$; $e^{8/3}$ n'est pas rare.

Fig. 66.
Quartz hyalin de la Gardette aplati suivant e^2.
(*Photographie un peu réduite.*)

J'ai passé en revue à diverses reprises chez le guide Albertazzo un grand nombre de cristaux de quartz de la Gardette sans y trouver d'autres formes intéressantes que de très petites facettes, souvent courbes, ν_2 $(17.1.\bar{1}8.1)$; un de ces cristaux (fig. 64) présente cependant entre p et $e^{1/2}$ une large surface ondulée, creusée de cavités triangulaires; elle donne des réflexions presque ininterrompues entre H_0 et ξ, avec plus de netteté au voisinage de H_1 (p H_1, obs. 171°28′) et H_3 (p H_3 : 166° environ). Ce sont là, sans aucun doute, des faces de corrosion naturelles.

Le rhomboèdre $e^{7/4}$ $(0.11.\bar{1}\bar{1}.1)$ domine quelquefois (fig. 51), surmonté par une seule face p (fig. 56).

Les fig. 63 et 64 représentent d'après Des Cloizeaux (*Mém. sur le quartz*) deux cristaux plus compliqués qui offrent les formes $e^{13/8}$ $(07\bar{7}1)$, $e^{31/15}$ $(45.0.\bar{4}\bar{5}.16)$ et les faces intéressantes Σ_1 $(61.3.\bar{6}\bar{4}.4)$, w $(3.7.\bar{1}\bar{0}.3]$, χ_1 $(21.1.\bar{2}\bar{2}.27)$ et t_2.

Congo. Le gisement cuprifère de Mindouli qui est si riche en dioptase, renferme d'assez jolis cristaux de quartz hyalin ou enfumé, souvent implantés sur la dioptase ; celle-ci disparaît parfois en laissant dans le quartz l'empreinte en creux de ses pointements rhomboédriques.

Madagascar. Des parties limpides se trouvent dans les filons de quartz aurifère de la région de Mevatanana.

β) Dans les filons métallifères à gangue de carbonates ou d'oxydes.

Plateau Central. — *Tarn.* Les mines de Peyrebrune renferment en assez grande abondance des cristaux de quartz qui ne méritent d'être cités qu'à cause de leur fréquente implantation sur de gros cristaux de fluorine sur lesquels ils laissent des empreintes régulières en escaliers. Les cristaux détachés d'une semblable gangue présentent la forme (fig. 11) du *babelquartz* de Beralston ; la face qui forme la base des pyramides décroissantes est tantôt une face p ou $e^{1/2}$, et tantôt une face e^2.

Vosges. — [*Alsace.*] Le quartz en cristaux nets est abondant dans les filons de Sainte-Marie-aux-Mines. Ceux que j'ai eu l'occasion de voir ne présentaient pas de particularités intéressantes.

Le quartz en cristaux p, avec ou sans $e^{1/2}$, a été, en outre, trouvé dans la mine de Framont en cristaux hyalins laiteux, roses, jaunes ou hématoïdes, surtout associés à la calcite et à l'hématite.

Fig. 74 à 76.
Cristaux de quartz hyalin de la Gardette à développement anormal. (*Photographie grandeur naturelle environ.*)

Des pseudomorphoses de cristaux de calcite ($d^2 p$) en quartz, ont été signalées par Carrière à la Mine jaune.

Alpes. — *Isère.* De beaux cristaux de quartz hyalin, mais avec les formes communes, ont été jadis rencontrés dans les filons argentifères des Chalanches.

Les filons de sidérite de la chaîne de Belledonne et ceux d'Allevard (voir à *sidérite*) renferment du quartz qui constitue parfois de fort remarquables cristaux. Aux environs d'Allevard notamment, la sidérite est parfois recouverte de cristaux d'une limpidité remarquable, atteignant quelques centimètres. Plus rarement, on trouve de gros cristaux transparents renfermant des paillettes d'hématite ou de gœthite.

La plupart des cristaux de quartz d'Allevard n'ont que les faces communes ; j'ai cependant observé sur un bel échantillon, constitué par de gros rhomboèdres d'ankérite recouverts par des cristaux lenticulaires de mésitite, des cristaux de quartz qui tous présentent les particularités suivantes : leur pointement est polysynthétique, bien que les faces du prisme soient normales, les faces p et $e^{1/2}$ sont courbes, par suite de l'existence de triangles sphériques extrêmement surbaissés ; ceux-ci sont formés par une série de faces appartenant à la zone $p\,e^{1/2}$; entre ces deux faces extrêmes se trouvent, sur quelques arêtes, une série de faces généralement très arrondies et sur lesquelles on obtient non pas une image unique, mais une série continue d'images. J'ai cherché dans un cristal meilleur que les autres à déterminer les limites entre lesquelles oscillaient ces faces courbes.

Fig. 77.
Quartz hyalin de la Gardette, groupements accidentels (*Photographie un peu réduite.*)

Une première série donne avec p des angles oscillant entre 170°30′ et 169° ($p\ H_1 = 171°15'$ et $p\ H_2 = 168°56'$). Une autre forme courbe donne des images indiquant des incidences avec p qui oscillent entre 158° et 152°58′ ($p\ H_6 = 157°51'$ et $p\ \xi_1 = 153°22'$) ; enfin des faces β_1 (1344) et β_6 (1.15.16.16) sont nettes. Ces formes sont à rapprocher de celles dont il va être question plus loin dans les cristaux de quartz des terrains sédimentaires.

C'est au milieu d'une grande quantité de cristaux à formes banales qu'ont été rencontrées par M. Gaubert les deux macles de la Gardette représentées par les fig. 71 et 73. La fig. 71 montre le type symé-

trique, l'autre au contraire, le type dissymétrique beaucoup plus rare. Ces deux macles sont recouvertes de petits rhomboèdres de sidérite.

Le même gisement a fourni des masses miarolitiques formées d'une grande quantité de prismes grêles enchevêtrés de quartz.

De jolis cristaux bipyramidés de quartz hyalin, raccourcis suivant l'axe vertical, ont été rencontrés avec ankérite et chalcopyrite dans les géodes de la sidérite, exploitée autrefois à Vizille et notamment à Saint-Pierre de Mésage.

Enfin les salbandes argileuses du filon de panabase de Prunières renferment des cristaux de quartz, aplatis suivant une face e^2 et groupés en grand nombre le long d'une arête $p\ e^2$, comme dans la figure 67; ces cristaux forment des enchevêtrements à aspect fort curieux.

Algérie. — De gros cristaux de quartz limpide ou blanchâtre, souvent bipyramidés, ont été trouvés dans les géodes des minéraux carbonatés de l'Oued-Allelah près Tenez ; comme à Vizille, ils constituent le dernier minéral formé, implanté sur l'ankérite qui, elle-même recouvre la sidérite.

5° *Dans les sources thermales.*

Bien que les sources thermales ne soient que la continuation des phénomènes qui, aux périodes géologiques antérieures, ont donné naissance aux filons métallifères et quartzeux, les cas de formation actuelle de quartz y sont extrêmement rares. Dans quelques-uns des gisements cités plus loin, on peut même se demander si le quartz décrit comme néogène l'est vraiment ; les sources thermales suivant d'anciens filons quartzeux, il n'est pas toujours facile de démontrer d'une façon irréfutable la formation actuelle du quartz quand celui-ci ne s'est pas produit, comme à Plombières, sur des travaux de maçonnerie.

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées.* L'existence de quartz de formation actuelle dans les griffons des sources de Mauhourat à Cauterets, a été signalée par M. Beaugey (*C. R.* CX. 300. 1890). Le quartz en question constitue des cristaux de 1 à 2 ^{cm}, d'un blanc laiteux, opaques, à faces ternes. Les sources sourdent au milieu du granite.

Pyrénées-Orientales. Du quartz néogène a été indiqué autrefois par Bouis dans les sources sulfurées d'Olette (72° C).

Aude. Du quartz néogène a été signalé aux griffons des sources de Lamalou (avec barytine et pyrite).

Plateau central. — *Puy-de-Dôme.* Les géodes de la [illegible] [illegible] [illegible] cristaux de quartz dont la [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] gisements et [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] de Pont-du-Château [illegible] voir à calcédoine. [illegible] [illegible] gisements. Le quartz est [illegible] les cristaux sont allongés suivant l'axe vertical et terminés par p et [illegible]; p est presque toujours prédominant et existe parfois seul. Les cristaux sont généralement groupés en [illegible] et souvent recouverts par un enduit mince de [illegible] [illegible] ou [illegible] leurs angles (voir fig. à calcédoine). Les globules de calcédoine [illegible] de [illegible] accompagnent le quartz, mais se trouvent aussi parfois seuls au milieu du géode.

Les cristaux de quartz de Pont-du-Château sont quelquefois creux, leur sommet est alors réduit à des rudiments de facettes; la cavité intérieure est irrégulière, ses parois n'ont pas d'orientation géométrique ni de faces planes.

Vosges. — *Vosges.* J'ai observé de très petits cristaux de quartz à la surface des concrétions de calcédoine trouvées par Daubrée dans les fentes du ciment romain des thermes de Plombières.

6° *Dans les formations sédimentaires.*

Le quartz abonde dans les roches sédimentaires, il constitue même la partie principale d'un très grand nombre d'entre elles; ce sont de celles-ci que je m'occuperai tout d'abord pour étudier ensuite les cristaux de quartz de nouvelle formation que l'on observe dans des roches sédimentaires qui ne sont pas essentiellement siliceuses.

a) *Dans les roches clastiques.*

Dans les roches essentiellement siliceuses.

Les roches quartzeuses clastiques sont produites par la désagrégation de toutes les roches renfermant des fragments quartzeux comme élément normal. Incohérentes, elles constituent les *sables*; agrégées, elles forment les *grès* et les *quartzites*. Les *brèches* et *conglomérats quartzeux* sont constitués non par des fragments de quartz, mais par des blocs anguleux ou arrondis de roches quartzeuses,

Sables. Les sables quartzeux sont d'origine fluviatile, marine ou éolienne[1]; leur composition est très variable suivant la nature des éléments accompagnant le quartz dans les gisements originels aux dépens desquels ils se sont produits. Dans les régions de roches éruptives anciennes ou de schistes cristallins, les minéraux denses (zircon, grenat, magnétite, ilménite, andalousite, rutile, anatase, brookite, etc.) y abondent souvent, parfois accompagnés de minéraux plus rares, tels que l'or ou le platine natif et ses satellites (le corindon, etc.), et des minéraux plus communs tels que les micas, les feldspaths, etc.; ces minéraux, et particulièrement les premiers, se rencontrent parfois à des distances énormes de leur point d'origine. Ces éléments lourds sont nécessairement plus ou moins abondants suivant la vitesse des courants qui les ont entraînés, la distance de leur lieu d'origine, la nature des minéraux qui les accompagnent, etc.

Le quartz, qui seul nous intéresse ici, présente naturellement les propriétés inhérentes à son gisement primitif et ne mérite par suite aucune description spéciale. Je rappellerai cependant les cailloux du Rhin, de Gabian (*Hérault*), de Médoc (*Gironde*), de Brouage et de Royan (*Charente-Inférieure*), d'Ars, de Cayenne, sur lesquels ont disserté les auteurs des siècles passés; ce sont des fragments de quartz hyalin roulés par des rivières, offrant une surface terne, mais un centre très limpide qui les a fait employer dans la joaillerie[2].

Grès. Les grès sont des sables quartzeux agglomérés par un ciment de nature variée, produit par des infiltrations postérieures à leur dépôt. Quand ce ciment est de nature quartzeuse, le minéral qui le constitue se rencontre parfois en cristaux nets dans les fentes de la roche.

C'est par la nature de ce ciment plus que par les éléments accessoires, souvent abondants, qui accompagnent les grains de quartz que l'on peut établir des divisions dans ce groupe de roches clastiques; voici les principales d'entre elles :

1. M. Harlé m'a communiqué des cailloux polyédriques recueillis par lui dans les landes de Bussac (*Charente-Inférieure*) près de la *Gironde*. Analogues aux *dreikanter* ou *kantergerölle* que l'on rencontre dans le Nord de l'Allemagne et dont la forme est due à l'action répétée des grains de sable s'exerçant sur une cassure naturelle de fragments quartzeux, ces cailloux affectent parfois une forme pseudo-régulière rappelant d'une façon plus ou moins approchée celle de cristaux (rhomboédriques, quadratiques, etc.).

2. Le caillou de Rennes est d'une toute autre nature (voir à *jaspe*).

γ) Grès à ciment siliceux. — Le ciment est généralement constitué par du quartz, plus rarement par de la calcédoine, de la quartzine ou par de l'opale ; ces diverses variétés existent dans sa structure. Dans beaucoup de cas, la silice apparaît cristallisée autour des grains de quartz clastique en les accroissant. Quand il se produit du quartz cristallisé, celui-ci s'oriente sur ces derniers, comme le fait la glace cristallisant autour des cristaux de neige des névés. Le quartz néogène ne possède pas toujours les mêmes inclusions que le quartz clastique et souvent reste limpide, alors que celui-ci est trouble. Dans d'autres cas, au contraire, le quartz néogène renferme des pigments colorés. Parfois la cristallisation nouvelle est si complète que l'origine clastique de la roche ne peut plus être décelée, ni à l'œil nu, ni à la loupe ; le grès est devenu un *quartzite* tout à fait analogue à ceux de contact des roches éruptives décrits plus haut.

Les grès siliceux et les quartzites ont souvent une cassure conchoïde, lisse et luisante qui leur a fait donner parfois le nom de grès lustrés. Les grès à bilobites, les grès de May (*Calvados*), les grès de Bagnoles (*Orne*), les grès triasiques du Mâconnais, les grès oligocènes de Fontainebleau offrent des exemples des divers types de structure de grès à ciment siliceux. Assez fréquemment les grès et les quartzites possèdent des cassures coniques

Fig. 78.
Cassure conique d'un grès lustré de Fontainebleau.
(Photographie réduite au tiers environ.)

identiques à celles du silex. On sait qu'elles s'obtiennent en frappant un coup sec sur un bloc homogène de grès avec un marteau à tête ronde. L'ébranlement se propage dans la roche d'une façon symétrique en donnant un cône parfaitement régulier (fig. 78).

Les grès siliceux peuvent être riches en micas ou en feldspaths. Le nom d'*arkose* a été donné à des grès très feldspathiques, parfois micacés, formés à proximité des massifs granitiques et gneissiques, notamment sur la bordure du Plateau Central de la France. Ils renferment des éléments anguleux, peu roulés qui leur ont fait autrefois donner le nom de granites régénérés. Ces arkoses sont d'âge très varié, triasiques dans le Morvan, éocènes inférieurs dans le Velay, oligocènes dans la

Limagne, etc. ; elles sont fréquemment imprégnées de barytine, de fluorine, de galène; le chromocre des Écouchets, près le Creusot (*Saône-et-Loire*) imprègne des arkoses triasiques.

Dans quelques gisements, le feldspath des arkoses est décomposé, kaolinisé ; Cordier appelait *metaxite* cette roche altérée ; du kaolin a pu en être extrait industriellement à Rignan près Angoulême (*Charente*).

Grès à ciment calcaire. Dans les grès à ciment calcaire, la calcite est souvent cryptocristalline et ne forme que de très petites plages moulant quelques grains de quartz; mais parfois, comme dans quelques gisements des sables de Fontainebleau, elle se présente en grands cristaux à structure pœcilitique, englobant un nombre considérable de grains de quartz et pouvant même prendre des formes géométriques (voir à *calcite*) ; dans d'autres cas, et notamment à Fontainebleau, elle constitue aussi des groupements concrétionnés, à formes bizarres, des nodules dont une figure reproduite à l'article *calcite* donne une idée.

Le ciment carbonaté peut être constitué soit par de la calcite pure soit par de la dolomite (environs de Sulzbach, *Vosges*).

Les grès calcaires, notamment ceux du lutétien inférieur du bassin de Paris, sont parfois riches en glauconie dont les grains néogènes servent de ciment au quartz ou sont englobés par la calcite.

On trouve en outre des grès imprégnés et cimentés par diverses autres substances : de la limonite, de la psilomélane (Orsay, près Paris), de la barytine (Laize-la-Ville, *Calvados*), de la chessylite (Chessy, *Rhône*), de la galène (Saint-Avold, *Lorraine*), de l'asphalte (Seyssel, *Ain*, Reichelbronn, *Alsace*) du gypse (Souf algérien) qui possède la même structure que la calcite de Fontainebleau [1], etc.

Les divers types de grès qui viennent d'être passés en revue renferment parfois des nodules de pyrite, de phosphorite (voir à cette espèce). Ils présentent des colorations variées et irrégulières, dues à des oxydes métalliques, à des matières bitumineuses, etc. Les grès de Bagnoles sont particulièrement à citer à ce point de vue, ils montrent des auréoles rouges, curieuses, autour des nodules de pyrite altérée ; les grès d'Orsay cimentés par places par de la psilomélane cobaltifère

1. Les prétendus grès strontianifères cités souvent dans les marnes vertes oligocènes des environs de Paris sont, comme je l'ai montré déjà, uniquement constitués par de la célestite à structure granulitique (voir à *célestite*).

présentent par altération de celle-ci toutes les teintes entre le noir pur et le jaune.

Les sables quartzeux et les grès renferment fréquemment du quartz en cristaux nets soit dans les fentes, soit dans des poches, c'est ainsi que dans les sables notamment il se forme des nodules généralement creux et hérissés de pointements cristallins, nodules qu'il est facile d'isoler. Ces produits drusiques sont le résultat de la localisation des phénomènes de dissolution et de dépôt aqueux qui donnent naissance au ciment des grès ; leur formation est dans bien des cas très récente et peut être actuelle, elle se produit partout où il existe dans le sédiment ou dans ceux qui le surmontent, de la silice soluble sous forme d'opale. Voici quelques exemples à citer spécialement :

Bassin de Paris. — *Seine. Seine-et-Oise. Oise. Aisne.* Les sables glauconieux et les calcaires du Soissonnais [éocène inférieur (yprésien)] renferment dans la région parisienne et notamment à Cuise-la-Motte des nodules siliceux ovoïdes, généralement creux, parfois remplis en partie de calcite. Ils sont essentiellement constitués par du quartz cristallin, recouvert à l'intérieur des géodes par des mamelons de quartzine.

Les pointements sont seuls distincts, constitués par le rhomboèdre p ; les faces $e^{1/2}$ sont souvent remplacées par des trièdes en escaliers régulièrement orientés sur le cristal central. Quant aux faces p, elles sont souvent recouvertes de lamelles de rotation différente. La constitution optique de ses cristaux et leurs relations avec la quartzine qui les recouvre, a été étudiée par M. Wallerant (voir page 42).

C'est à ce même niveau, dans la forêt de Compiègne, que se trouvent de curieux échantillons de quartz décrits par les anciens minéralogistes sous le nom de *quartz en rose*. Ce sont des groupements concrétionnés, hérissés de pointements cristallins de quartz et rappelant les élégantes cristallisations de gypse d'autres gisements ; ils ne paraissent régis par aucune loi géométrique, tantôt ils constituent une rosace aplatie suivant un plan, tantôt des productions de ce genre s'enchevêtrent pour former des boules à claire-voie.

Vendée. — *Vendée.* Les grès éocènes de Noirmoutiers sont formés par de petits fragments de quartz laiteux empruntés aux micaschistes ; ils sont souvent peu cohérents. Dans d'autres cas, ils sont cimentés par du quartz. Au bois de la Chaise, j'ai recueilli des échantillons dans

lesquels le quartz néogène n'a pas été produit en quantité suffisante pour rendre la roche compacte. Chaque grain de quartz originellement homogène est entouré d'une mince couche de quartz néogène qui l'a transformé en cristal à facettes brillantes, chaque fragment composé d'individus distincts, agrégés sans commune orientation, est recouvert de petites facettes cristallines, orientées sur les divers individus constituant l'échantillon.

Plateau Central. — *Saône-et-Loire.* J'ai recueilli dans l'argile à silex des environs de Mâcon, des blocs de grès présentant dans leurs fentes des phénomènes intéressants de recristallisation de quartz qui permettent de voir, mieux encore peut-être que dans les roches de Noirmoutiers, comment s'effectue dans les grès l'accroissement des grains de quartz clastique. Les cassures de la roche sont hérissées de petits pointements de quartz transparent qui, au lieu d'être orientés perpendiculairement à la paroi, ont tous une orientation différente et ne constituent qu'un mince placage. En les examinant de près, on peut voir que chacun d'eux coïncide exactement avec un des grains du grès et que celui-ci lui a donné son orientation, les grains étant clairsemés au milieu de l'opale, la cristallisation de chaque cristal n'a pu être gênée par celle de ses voisins, comme dans le cas des fragments quartzeux de Noirmoutiers.

Le quartz se présente aussi dans ce gisement sous la forme de longs cristaux occupant la périphérie de gouttes de calcédoine.

Alpes. — Les grès de Taviglianaz, constituant dans les Alpes un niveau de l'éocène, renferment très fréquemment dans leurs fentes ou dans des poches de beaux cristaux de quartz hyalin. Les localités suivantes sont particulièrement à citer :

Haute-Savoie. Au voisinage des Châlets du Meiry près de la vallée du Reposoir, se rencontrent de très jolis cristaux de quartz bipyramidés, parfaitement hyalins ; il en existe dans les mêmes conditions au sommet de la Tête à l'âne, dans la montagne des Fiz. Aux Floriers, près du col Joli (massif de Hauteluce), ces mêmes grès renferment des fissures ou des poches tapissées de beaux cristaux de quartz hyalin qui y ont été exploités autrefois. Tous ces cristaux n'ont que les formes communes.

Savoie et Hautes-Alpes. Des cristaux de quartz transparents, très limpides, abondent dans les fentes des grès du flysch d'un grand

nombre de localités : col de Goléon, environs de Vallaire (*Savoie*), montagne des Combes, au-dessus de Saint-Bonnet (cristaux enfumés avec calcite).

Basses-Alpes. C'est dans les mêmes conditions que le quartz hyalin se trouve au col de Valgelaye et surtout dans le massif d'Allos (crête de Sestrières, entre Barcelonnette et Allos) ; dans cette dernière région les cristaux de grande taille sont riches en cavités et ressemblent à ceux de Chéraute décrits plus loin.

β) Dans les calcaires, les marnes et les gypses sédimentaires comme produit accessoire.

Le quartz est extrêmement abondant comme produit de cristallisation secondaire dans les roches sédimentaires autres que celles étudiées dans le paragraphe précédent.

Il est peu de régions sédimentaires dans lesquelles on ne trouve, présentant une importance plus ou moins grande, le quartz soit sous forme d'imprégnation, soit sous celle de géodes tapissées de cristaux limpides et nets offrant toujours des formes simples (p, $e^{1/2}$, avec ou sans e^2). Je ne m'occuperai pas de cette catégorie de quartz qui est tout à fait banale.

Dans quelques formations privilégiées, ces cristaux présentent des formes spéciales qui méritent une étude détaillée. Tel est le cas notamment des cristaux bipyramidés de quartz si abondants dans le gypse des Pyrénées, d'Algérie et de quelques autres régions, les cristaux des marnes et des septarias de l'Isère, de la Drôme, etc. Ils présentent souvent des particularités caractéristiques dans l'une de ces catégories de gisement.

Quant aux variétés toujours compactes de quartz, telles que les silex, les jaspes, etc., qui proviennent de la cristallisation de silice primitivement déposée sous forme d'opale et dont la cristallinité ne peut être décelée qu'au microscope, je les passerai en revue dans un article spécial.

a) *Dans les calcaires paléozoïques.*

Pyrénées. — *Ariège.* Les calcaires dolomitiques paléozoïques du port de Salau renferment des cristaux de quartz gris opaques, allongés

suivant l'axe vertical et groupés en rosettes ; ils ont quelques centimètres de longueur.

Corbières. — *Hérault.* De très jolis cristaux incolores, transparents de quartz se rencontrent dans les calcaires dévoniens des Corbières.

Des Cloizeaux a signalé dans ceux de Neffiez deux formes rares β (27$\bar{9}$9) et Λ (2.8.1$\bar{0}$.9) faisant partie de la zone β e^2. La fig. 80 empruntée à son mémoire montre la combinaison de ces faces avec p, $e^{1/2}$, $e^{3/4}$ (07$\bar{7}$5), e^2 et t_4 (9.1. 1$\bar{0}$.9).

Grâce à l'obligeance de M. Delage, j'ai pu examiner un certain nombre de cristaux de cette forme, ainsi que d'autres provenant de la Combe d'Yzarne à Cabrières, et de Gabian. Ils se trouvent épars à la surface de marnes et des calcaire à goniatites ferrugineuses.

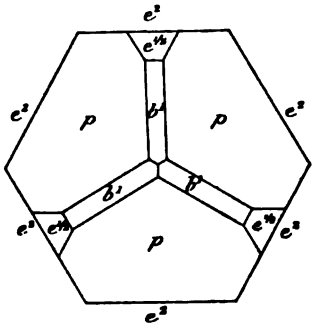


Fig. 79.
Quartz de Cabrières (projection sur la base).

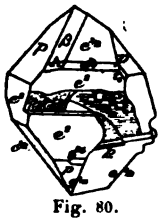


Fig. 80.
Quartz de Neffiez.

Le rhomboèdre b^1 (01$\bar{1}$2) y est fréquent, souvent complet (fig. 80), mais il ne se trouve guère qu'à l'une des extrémités des cristaux. Les faces de ce rhomboèdre donnent parfois d'assez bonnes mesures.

Le rhomboèdre p domine généralement beaucoup dans ces cristaux. Sur un cristal de Gabian, j'ai observé e^{20} (90$\bar{9}$8), e^5 (20$\bar{2}$1), $e^{7/3}$ (10.0. 1$\bar{0}$.1) et des faces courbes paraissant voisines de H_6 (13.12.2$\bar{5}$.2$\bar{5}$), de H_5 (43$\bar{7}$7) et de H_4 (32.15.4$\bar{7}$.47).

b) *Dans les marnes et les gypses triasiques* [1].

Pyrénées. — Le gypse et les argiles gypseuses ou salifères des Pyrénées et des Corbières renferment en quantité considérable des cristaux bipyramidés de quartz ayant la couleur de la roche qui les renferme ; ils sont incolores dans les gypses blancs ; rouges ou roses, dans les gypses rouges ou roses. Faciles à isoler, ils présentent inva-

1. Voir page 61, pour le quartz des calcaires triasiques métamorphiques : pour l'âge de ces sédiments, voir à *sel gemme*.

riablement les formes e^2, p et $e^{1/2}$; ils sont d'ordinaire un peu allongés suivant l'axe vertical (fig. 81), parfois cependant e^2 est très réduit.

Les arêtes d'intersection de p et de $e^{1/2}$ sont parfois arrondies et peuvent être remplacées par une petite facette ξ $(11\bar{2}2)$; il est possible toutefois, comme l'a fait remarquer Des Cloizeaux, que cet arrondissement des faces soit une conséquence des groupements intérieurs que décèle l'étude optique. Il est probable, dans tous les cas, que ce sont des faces de corrosion.

Les faces de la zone verticale ne présentent généralement pas les stries horizontales qui manquent si rarement au contraire dans les cristaux filoniens. Ces cristaux bipyramidés ne sont d'ordinaire ni transparents, ni translucides; le plus souvent, ils sont opaques. Dans les lames minces, on voit que leur centre reste généralement opaque, alors que leurs bords deviennent rapidement translucides; la matière colorante est disposée suivant des zones concentriques. L'examen de lames épaisses, taillées perpendiculairement à l'axe optique de cristaux transparents de l'Aude a montré à Des Cloizeaux qu'ils sont constitués par le groupement de six cristaux alternativement droits ou gauches (fig. 29). La jonction des deux catégories de cristaux se fait suivant une ligne irrégulière, perpendiculaire aux faces e^2; elle montre en lumière convergente, suivant les points considérés, une croix noire ou les spirales d'Airy. Les zones concentriques d'accroissement ne sont donc pas homogène au point de vue optique, une même face p par exemple est formée par deux individus de signe contraire (macle du Brésil).

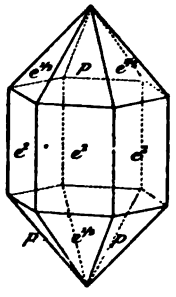


Fig. 81.
Quartz des argiles triasiques des Pyrénées.

Cette structure est extrêmement constante dans les cristaux de quartz d'un très grand nombre de gisements des Pyrénées ou d'Algérie que j'ai examinés. L'absence de faces hémièdres ne permet pas de la prévoir, mais elle est facile à mettre en évidence, même sans le secours des propriétés optiques, par l'attaque des cristaux par l'acide fluorhydrique; celui-ci les dissout plus rapidement suivant les lignes de séparation des individus constituants (fig. 81).

Landes. Le quartz bipyramidé, en cristaux généralement petits, le plus souvent rouge, abonde dans les argiles, le sel, le gypse et la polyhalite de Dax, de Saint-Pandelon. Il se rencontre en grande quan-

tité dans les cuves de dissolution du sel et surtout sur les haldes où l'on jette le résidu de la dissolution du sel ; l'eau pluviale en effet lave les argiles et laisse les cristaux de quartz en relief.

Les cristaux d'aragonite de Bastenne englobent parfois un grand nombre de ces cristaux de quartz qui sont d'ordinaire rouges (Cassoura, au fond du vallon d'Arrimblar).

Basses-Pyrénées. Les cristaux de quartz bipyramidés se trouvent dans les mêmes conditions dans les gisements salifères de Bayonne (Brindos), etc. (voir tome II. 758).

Haute-Garonne. Salies du Salat.

Ariège. Les cristaux de quartz bipyramidés se trouvent en très grande quantité dans les gisements suivants : environs du Mas d'Azil, tranchée du chemin de fer entre le tunnel de Rimont et Castelnau-Durban (cristaux incolores, blancs, rouges dans le gypse et les marnes), Cadarcet sur le bord de la route de Foix, aux environs de Foix, Roquefixade, Leichert, Saint-Sirac, les environs d'Enrivière et d'Empujol, Lherm, puis une bande triasique plus méridionale aux environs de Massat (Touron, Poumadé), sur le versant occidental du Col de Port, à Labat, à Lherm, etc.

Pyrénées-Orientales. Environs d'Amélie-les-Bains (Montbolo, etc.).

Fig. 82.
Quartz bipyramidé de la source de la Salz (*Aude*) attaqué par l'acide fluorhydrique pour mettre en évidence la structure en secteur montrée par la fig. 29.

Corbières. — *Hérault.* Le quartz bipyramidé est abondant dans le trias gypseux de Cazouls-les-Béziers : à Ceilhes, il se trouve en petits cristaux hématoïdes, souvent agglomérés en grand nombre.

Aude. Dans le gypse et les marnes bariolées des environs de Narbonne (Fontcouverte), de Domneuve entre Nouvelle (Tuchan) et Embrès, de la Grave près Mouthoumet, des Bézis près Arques, du Col Saint-Louis, de Fitou, de Durban, et surtout de la Source de la Salz près Sougraigne (beaux cristaux blancs ou rouges), etc.

Cévennes. — *Gard.* Paliès en Monoblet.

Les marnes irisées du tunnel d'Alzon renferment des nodules quartzeux extérieurement mamelonnés, variant de la grosseur d'une

incolores, comme ceux que l'on voit dans les collections; ceux-ci ont généralement subi un traitement à l'acide chlorhydrique, destiné à les débarrasser d'un enduit ocreux jaune qui est parfois accompagné de magnifiques irisations.

Les cristaux de la Gardette sont allongés suivant l'axe vertical; leur plus grande dimension dépasse souvent 10 cm.; ils forment de fort beaux groupes; l'un d'eux est représenté par la fig. 62. Ces cristaux sont généralement pauvres en faces intéressantes; une face p du pointement est souvent tellement développée que les autres faces disparaissent presque complètement (fig. 62) (quartz basoïque d'Hauÿ); s et x sont fréquentes et quelquefois la première de ces formes est très largement développée. Il existe souvent des rhomboèdres aigus, striés, M. Gonnard a récemment signalé $e^{11/4}$ $(50\bar{5}1)$, $e^{13/5}$ $(60\bar{6}1)$, $e^{31/15}$ $(45.0.\bar{4}\bar{5}.16)$; $e^{8/3}$ n'est pas rare.

Fig. 66.
Quartz hyalin de la Gardette aplati suivant e^2.
(*Photographie un peu réduite.*)

J'ai passé en revue à diverses reprises chez le guide Albertazzo un grand nombre de cristaux de quartz de la Gardette sans y trouver d'autres formes intéressantes que de très petites facettes, souvent courbes, ν_2 $(17.1.\bar{1}8.1)$; un de ces cristaux (fig. 64) présente cependant entre p et $e^{1/2}$ une large surface ondulée, creusée de cavités triangulaires; elle donne des réflexions presque ininterrompues entre H_0 et ξ, avec plus de netteté au voisinage de H_1 (p H_1, obs. 171°28′) et H_3 (p H_3 : 166° environ). Ce sont là, sans aucun doute, des faces de corrosion naturelles.

Le rhomboèdre $e^{7/4}$ $(0.11.\bar{1}\bar{1}.1)$ domine quelquefois (fig. 51), surmonté par une seule face p (fig. 56).

Les fig. 63 et 64 représentent d'après Des Cloizeaux (*Mém. sur le quartz*) deux cristaux plus compliqués qui offrent les formes $e^{13/8}$ $(07\bar{7}1)$, $e^{31/15}$ $(45.0.\bar{4}\bar{5}.16)$ et les faces intéressantes Σ_1 $(61.3.\bar{6}\bar{4}.4)$, w $(3.7.\bar{1}\bar{0}.3]$, χ_1 $(21.1.\bar{2}\bar{2}.27)$ et t_2.

le Djebel bou Kebch, entre Souk Ahras et le moulin Deyron, le Djebel Argoub el Djemel, le Djebel Tifeech-Khamissa (les Arabes lors des anciennes insurrections se servaient de ces cristaux de quartz comme de balles pour leurs fusils), le Djebel Zouabi près Sedrata.

On en trouve aussi dans les régions des Chotts d'Aïn-Me'ila et du Djebel Guereoun et notamment à Oulad Choukh et au Djebel Melaz au Nord du Chott el Marzel dans les collines des lacs (entre les Chotts Tinecilt et Zemoul), dans la région de Théréa, à Hamimat Guibeur, oum Debbane, enfin aux environs de Clairefontaine, au Djebel à Draa M'Kerriga et à El Outaïa près Biskra.

Je dois ces renseignements à M. Blayac qui a recueilli au cimetière de Mzabele des cristaux de quartz atteignant 5 cm. de plus grande dimension.

c) *Dans le jurassique.*

Saintonge. — *Charente.* De très jolis cristaux bipyramidés et hyalins de quartz se trouvent avec gouttelettes de calcédoine dans les argiles de Roumazières.

Plateau Central. — *Rhône et Saône-et-Loire.* Le quartz, en géodes parfois très grandes, abonde dans le bajocien de cette région. On peut citer notamment les carrières de Couzon (*Rhône*) et celles des environs de Mâcon (*Saône-et-Loire*) comme fournissant de beaux échantillons. A Couzon, ce quartz est associé aux cristaux de calcite qui seront étudiés plus loin.

Fig. 83.
Fragment d'un septaria des marnes de Meylan, dont les fentes de retrait renferment des cristaux de quartz (*Photographie réduite de moitié environ*).

Isère et Drôme. Les marnes oxfordiennes à *Belemnites hastata* et *Ammonites plicatilis* du Dauphiné renferment de nombreux rognons calcaires (septarias) disposés en lits assez réguliers; ils ont la forme d'ellipsoïdes aplatis dont le grand axe est parallèle au plan de stratification des couches et ont

parfois jusqu'à 20 cm. de longueur. Quand on les brise, on constate qu'ils sont cloisonnés et creusés de géodes de retrait (fig. 83) que tapissent de beaux cristaux de quartz hyalin, de petits cristaux de calcite, de dolomite, de célestite. On a vu, tome II, p. 162, que ces septarias renferment des cristaux microscopiques d'albite.

Les gisements les plus intéressants, déjà en partie connus de Faujas de Saint-Fons (*Hist. nat. du Dauphiné* 1781.423), sont : dans l'*Isère*,

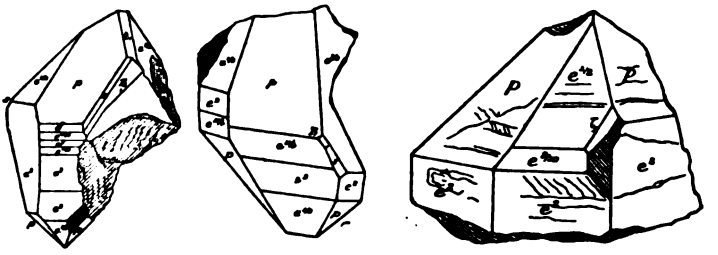


Fig. 84 à 86.
Quartz de Meylan.

Meylan, Saint-Ismier près de Grenoble, Treminis au-dessus de la Fontaine Ardente; dans la *Drôme* : La Serre des diamants, entre Die et Romeyer, Rémusat (montagne de Soubeyran), etc. Ce sont les cristaux de Meylan qui sont les plus connus et sur lesquels on trouve quelques renseignements dans Lévy (*op. cit.*) ; j'ai fait remarquer toutefois qu'une partie des cristaux indiqués par cet auteur comme venant de Meylan (il orthographie Meillans) proviennent en réalité de l'Oisans.

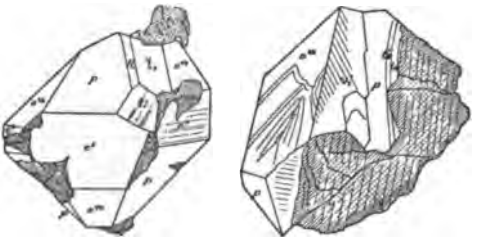


Fig. 87 et 88.
Quartz de Meylan.

C'est selon toute vraisemblance de ce gisement que vient le cristal représenté par la fig. 76 du *Mémoire sur le quartz* de Des Cloizeaux et qui présente la forme β (2.7.$\bar{9}$.9).

M. Gonnard a publié (*B. S. M.* XXII. 94. 1899) un important et intéressant mémoire sur ce sujet; les faces observées par lui sont extrêmement nombreuses ; en outre des formes communes, il a en effet rencontré : rhomboèdres directs : e^{15} (16.0.$\bar{1}\bar{6}$.13), e^{7} (80$\bar{8}$5), e^{6} (70$\bar{7}$4), $e^{11/2}$ (13.0.$\bar{1}\bar{3}$.7), e^{5} (20$\bar{2}$1), $e^{21/5}$ (26.0.$\bar{2}\bar{6}$.11), $e^{31/10}$ ($\bar{4}\bar{1}$.0.41.11), e^{3}

$(40\bar{4}1)$, $e^{31/11}$ $(14.0.1\bar{4}.37)$, $e^{11/4}$ $(50\bar{5}1)$, $e^{8/3}$ $(11.0.\bar{1}1.2)$, $e^{7/3}$ $(10.0.\bar{1}0.1)$, $e^{9/4}$ $(13.0.\bar{1}3.1)$; rhomboèdres inverses : $e^{4/7}$ $(0.11.\bar{1}1.10)$, $e^{31/50}$ $(0.27.\bar{2}7.23)$, $e^{3/4}$ $(07\bar{7}5)$, $e^{10/3}$ $(0.23.\bar{2}3.16)$, $e^{5/6}$ $(0.11.\bar{1}1.7)$, $e^{9/10}$ $(0.19.\bar{1}9.11)$, $e^{10/20}$ $(0.13.\bar{1}3.7)$, e^{4} $(02\bar{2}1)$, $e^{11/10}$ $(07\bar{7}3)$, $e^{3/2}$ $(05\bar{5}1)$, $e^{5/3}$ $(08\bar{8}1)$, $e^{19/11}$ $(0.10.\bar{1}0.1)$, $e^{7/4}$ $(0.11.\bar{1}1.1)$.

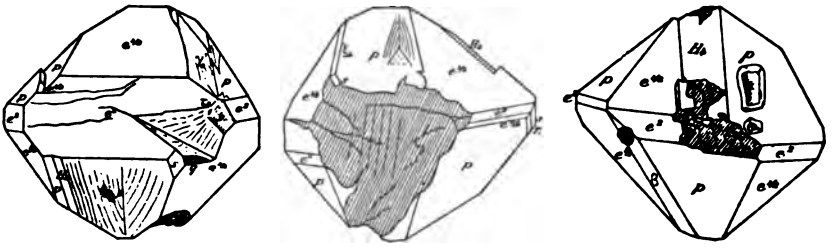


Fig. 89 à 91.
Quartz de Meylan.

Cette richesse en rhomboèdres n'est cependant pas la caractéristique des cristaux de Meylan; celle-ci consiste dans l'extrême rareté des plagièdres inférieurs à la forme rhombe s $(11\bar{2}1)$; en effet, x $(5\bar{1}61)$ est absent, ε $(12\bar{3}1)$, q $(3.8.\bar{1}1.3)$ et $\nu_1 = \nu_2$ $(17.1.\bar{1}8.1)$, n'existent que fort rarement. Au contraire, il y a une très grande richesse en plagièdres supérieurs à la face s : ce sont, dans la zone $p\ s\ e^2$: t^4 $(9.1.\bar{1}0.9)$, t''_3 $(23.3.\bar{2}5.22)$, T_3 $(11.6.\bar{1}7.11)$, T_2' $(26.15.\bar{4}1.26)$, t' $(8.5.\bar{1}3.8)$, t $(32\bar{5}3)$, T_1 $(41.30.\bar{7}1.41)$, T_0 $(19.15.\bar{3}4.19)$; dans la zone $e^{1/2}\ s\ e^2$: τ_8 $(1.30.\bar{2}9.29)$, τ_1 $(14\bar{5}4)$ et enfin entre $e^{1/2}$ et p : β_6 $(1.15.\bar{1}6.16)$, β_5 $(2.15.\bar{1}7.17)$, γ_4 $(16\bar{7}7)$, β $(27\bar{9}9)$, β_1 $(13\bar{4}4)$, ξ_4 $(25\bar{7}7)$, γ_1 $(12\bar{3}3)$, ξ_3 $(8.15.\bar{2}3.23)$, ξ_2 $(35\bar{8}8)$, ξ_1 $(34\bar{7}7)$, H_6 $(13.12.\bar{2}5.25)$, H_5 $(43\bar{7}7)$, H_4 $(32.15.\bar{4}7.47)$, H_2 $(31\bar{4}4)$, H_1 $(41\bar{5}5)$, H_0 $(13.3.\bar{1}6.16)$; il faut ajouter γ_0 qui, d'après une rectification que m'a communiquée M. Gonnard, est identique à la forme Γ_1 $(32.15.\bar{1}7.62)$, trouvée par M. Termier sur un quartz du Grindelwald.

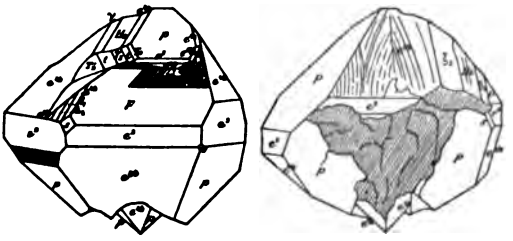


Fig. 92 et 93.
Quartz de Meylan.

Ces plagièdres à symboles compliqués ne se présentent généralement que sous la forme d'une seule face (face de corrosion? voir page 36),

souvent concave ; quand il en existe plusieurs dans un même cristal, l'arête $p\,e^{1/2}$ paraît au premier abord remplacée par une surface courbe qui, cependant donne en général au goniomètre des mesures assez satisfaisantes. Les fig. 84 à 93 empruntées au mémoire de M. Gonnard donnent une idée de l'aspect de ces cristaux qui sont parmi les plus intéressants des gisements français.

Les faces des cristaux de Meylan sont souvent très irrégulières, semées de cavités vides ou remplies d'argile, ou de liquide (avec bulle). Les allongements anomaux (notamment suivant une arête $p\,e^2$ oblique) et la disparition de plusieurs faces sont très fréquents.

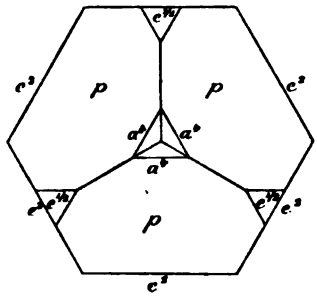


Fig. 94.
Projection sur la base du quartz de Condorcet.

Les septarias de Condorcet (*Drôme*) sont identiques aux précédents ; le quartz y est associé aussi à de la calcite, à de la dolomite et surtout à de très beaux cristaux de célestite (Michel. *B. S. M.* XV. 27. 1892). Ces cristaux de quartz sont peu compliqués de forme, mais présentent fréquemment le rhomboèdre $a^4(30\bar{3}6)$ (fig. 94).

Lorraine. — *Meurthe-et-Moselle.* Des cristaux d'améthyste se rencontrent parfois dans les cloisons des ammonites (*A. macrocephalus*) de la base du callovien des environs de Neufchâteau (Ruppes).

Alpes. — *Basses-Alpes.* Les marnes du lias supérieur de Marcoux près de Digne renferment de magnifiques cristaux de quartz dépassant parfois 10 cm. de plus grande dimension ; j'en ai examiné un assez grand nombre que m'a procurés M. Colomb. Ces cristaux sont généralement déformés, présentant une irrégularité de structure beaucoup plus grande que ceux de Meylan et même que ceux de Chéraute ; les cristaux à faces en trémies sont assez communs ; les formes arrondies de la zone $p\,e^{1/2}$ sont fréquentes (β, H_6, H_0).

Quelques-uns de ces cristaux de quartz supportent de petits cristaux limpides ou d'un blanc laiteux de célestite.

d) *Dans le crétacé.*

Saintonge. — *Charente.* De belles géodes de quartz se rencontrent dans le cénomanien de la première tranchée du chemin de fer en

sortant de Tonnay-Charente, dans la direction de Saintes, ainsi que dans des calcaires près de la plage du Port-des-Barques à Piedemont, dans ceux du campanien inférieur d'Eraville ; ils sont très réguliers de forme ($p\ e^{1/2}\ e^2$) et assez allongés suivant l'axe vertical.

Basses-Pyrénées. Les marnes argileuses du flysch (cénomanien ?) d'Ieragaray, lieu-dit situé à environ 3 kilomètres à l'Est de Chéraute près Mauléon-Lécharre renferment de très beaux cristaux de quartz dont je dois la communication à M. Frossard. Ces cristaux isolés ou groupés, pouvant dépasser la grosseur du poing, sont à comparer à ceux bien connus de Poretta ; ils sont hyalins ou un peu enfumés, quelquefois légèrement laiteux. Ils sont presque tous fissurés et criblés de larges inclusions ou cavités remplies par de l'air, de l'eau avec bulle mobile ou enfin par de l'argile blanche ou ocreuse. Ces cavités sont ou bien irrégulières, ou bien disposées régulièrement sous forme de cristaux négatifs ou de vides parallèles aux faces extérieures.

Les faces, très brillantes, sont souvent irrégulières, creusées de cavités, de figures de corrosion ou encore d'impressions en relief ; souvent aussi elles sont courbes ou légèrement ondulées.

Tous ces cristaux présentent les faces p, $e^{1/2}$ et e^2 ; cette dernière forme est toujours peu développée ; ils sont souvent déformés, comprimés et présentent de beaux exemples de développement irrégulier des faces (quartz sphaloïde). Les faces courbes de la zone $p\ e^{1/2}$ ne sont pas rares notamment β (2799) et H_0 (13.3.$\bar{1}$3.16).

M. Frossard m'a signalé du quartz analogue dans le tunnel de Belair (gault ou flysch cénomanien) sur la route de Pau à Laruns ; il est possible que dans ce gisement la production du quartz soit en rapport avec la venue d'une syénite augitique qui se trouve dans le voisinage.

M. Seunes m'a communiqué des cristaux de 2 cm. 5 du même minéral provenant des schistes noirs du gault de Tardets.

Haute-Garonne. Les orbicules siliceux des calcaires garumniens de Propiary et d'Auzas qui sont décrits à calcédoine sont souvent bordés de pointements distincts de quartz.

Haute-Savoie. M. Brun m'a signalé de petits cristaux de quartz bipyramidés microscopiques dans les calcaires du Salève près de Monetier et de Virieu-le-Grand.

1. Je dois à M. Boreau des échantillons de quartz ferrugineux (eisenkiesel) constitués par des agrégats miarolitiques de petits cristaux jaunes : ils proviennent des argiles à silex recouvrant le crétacé de Jonzac (*Charente-Inférieure*).

e) *Dans les formations tertiaires.*

a) Dans l'éocène.

Bassin de Paris. — *Seine*, *Seine-et-Oise*, *Seine-et-Marne*. Le quartz secondaire abonde à de nombreux niveaux de l'éocène du bassin de Paris et s'y présente dans des conditions particulièrement remarquables qui seront surtout étudiées aux articles *calcédoine* et *gypse*; je ne m'occuperai ici que des gisements fournissant des cristaux distincts de quartz englobés dans le calcaire et dans le gypse.

A la partie supérieure du lutétien (calcaire grossier), on trouve loin des bords de la vallée de la Seine un niveau de formation saumâtre constitué par des alternances de lits de marnes et de gypse. Sur les bords de la vallée, la composition pétrographique des roches a complètement changé; elles y sont constituées en effet par des couches de calcaire très cristallin et de marnes mélangées à du quartz (*caillasses*). Les cristaux de gypse, originellement engagés dans l'argile sont entièrement transformés soit en calcite, soit en quartz ou en divers produits siliceux (quartzine, lutécite, etc.).

Le quartz de ces pseudomorphoses s'est généralement développé lentement dans le gypse sans pouvoir prendre de formes nettes, il s'est implanté par une de ses faces p $(10\bar{1}1)$, $e^{1/2}$ $(01\bar{1}1)$ ou e^2 $(10\bar{1}0)$ sur les clivages ou les faces du gypse et présente alors la structure du babelquartz. Ces pseudomorphoses débarrassées par un acide de la calcite qui les imprègne se montrent souvent constituées par une série de petites lames de quartz offrant des formes cristallitiques (voir les photographies à l'article *gypse*. (Paris, fondations de l'abattoir de Vaugirard).

Dans quelques cas plus rares, le quartz prend des formes plus distinctes, mais toujours cristallitiques, offrant des groupements de cristaux creux réunis à axes parallèles, mais ayant parfois subi de légers déplacements les uns par rapport aux autres; ils présentent l'aspect de rosettes des plus élégantes (Abattoirs de Vaugirard). M. Wallerant a décrit des cristaux de ce genre. (*B. S. M.* XX. 193. 1897).

Dans d'autres gisements, il n'existe plus trace de cristaux de gypse; la couche gypseuse a été entièrement transformée en un agrégat miarolitique très cristallin de rhomboèdres jaunes de calcite et de cristaux bipyramidés de quartz, plus rarement de fluorine (Paris, fondations de la Sorbonne, Val-de-Grâce, voisinage du Muséum au mar-

ché aux chevaux, Neuilly, etc.). Quelquefois ces cristaux ne sont pas agrégés et forment un sable cristallin à grands éléments (Paris, avenue Bugeaud, etc.). Ils peuvent atteindre plus de 1 cm. ; ils sont limpides, souvent groupés en gerbe et recouverts de lutécite. D'ordinaire les faces *p* dominent de beaucoup sur les faces $e^{1/2}$ qui peuvent même disparaître (fig. 95).

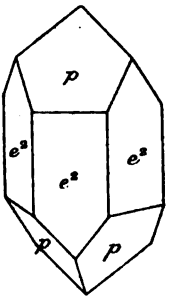


Fig. 95.
Quartz des caillasses de Paris.

Le quartz se trouve aussi sous forme de pseudomorphoses de gypse dans le bartonien [sables de Beauchamp (Bicêtre près Paris)].

Dans le gypse saccharoïde ludien (Montmartre), il existe de nombreuses épigénies macroscopiques de ce genre qui s'agglomèrent pour former les rognons siliceux appelés par les carriers « fusils » et dans lesquels le quartz est associé à de la lutécite, de la quartzine ou de la calcédoine.

Enfin, dans la carrière de Thorigny près Lagny (*Seine-et-Marne*), le gypse se présentant sous la forme d'albâtre, est riche en jolis cristaux de quartz hyalin qui offrent les mêmes particularités que ceux des caillasses parisiennes, ils sont souvent associés à des cristaux de calcite.

Notons en terminant que le calcaire de Champigny qui, au Sud-Ouest de Paris, représente un faciès latéral du gypse ludien est extrêmement riche en géodes quartzeuses, hérissées de pointements cristallins présentant souvent une teinte bleuâtre très caractéristique.

b) Dans l'oligocène.

Bassin de Paris. — Les phénomènes de silicification, si abondants dans l'éocène parisien, ne sont pas moins fréquents dans les assises oligocènes qui le surmontent.

Sur tous les plateaux formés par le calcaire de Brie (tongrien) et de Beauce (aquitanien) et dans toutes les localités où ces formations ne sont pas recouvertes par un manteau sédimentaire protecteur plus récent, ces calcaires ont été peu à peu décalcifiés et remplacés par des formations siliceuses, connues sous le nom de *meulières* et employées pour les constructions parisiennes (voir page 152). Elles sont étudiées plus loin à la suite de la calcédoine. Leurs cavités ne renferment que rarement de beaux cristaux de quartz : ils sont d'ordinaire réduits à de petits pointements rhomboédriques.

M. Stanislas Meunier a cependant trouvé (*C. R.* LXXXIII. 576, 1896) dans les sables kaoliniques de la Maladrerie de Montainville (*Seine-et-Oise*) un bloc de meulière presque entièrement formé par de petits cristaux de quartz bipyramidés, parfaits de forme et généralement riches à leur centre en impuretés ; ils rappellent par leur aspect, certains cristaux des caillasses du lutétien.

Périgord. — *Dordogne*. Des cristaux bipyramidés de quartz se rencontrent dans le gypse de l'oligocène inférieur de Sainte-Sabine.

Alpes. — *Basses-Alpes*. Les marnes oligocènes de Saint-Maime renferment de très jolis cristaux de quartz ne dépassant guère 2 à 3 mm. de plus grande dimension, mais qui sont incolores et d'une limpidité admirable. On les désigne dans le pays sous le nom de *diamants de Saint-Maime*, ils présentent la forme commune. On a vu page 44 quelle est leur structure interne.

Sédiment d'âge indéterminé[1].

Bretagne. — *Loire-Inférieure*. Aux environs de la Ville au Blaye en Saint-André-des-Eaux, on rencontre au milieu d'une argile ferrugineuse jaune, de gros rognons constitués par des globules botroydes enchevêtrés de quartz de même couleur ne dépassant guère 1 centimètre de diamètre. Leur structure est grossièrement fibreuse, leur surface parfois hérissée de petits pointements cristallins ; c'est le *quartz botroyde* des anciens auteurs.

MINÉRAUX FIBREUX DE LA FAMILLE DU QUARTZ (QUARTZINE, LUTÉCITE, CALCÉDONITE)

Des études optiques récentes ont montré que les substances désignées sous le nom de *calcédoine*, de *silex*, de *jaspe* et d'une façon plus générale, beaucoup des minéraux regardés depuis longtemps comme

1. La collection du Muséum possède une pseudomorphose de gypse en quartz et calcédoine indiquée comme provenant des environs d'Angers ; au Musée de Rennes il en existe une autre indiquée comme provenant de Quintin (*Côtes-du-Nord*) ; je n'ai aucun renseignement sur le gisement exact de ces deux échantillons ; celui d'Angers ressemble beaucoup à quelques-uns de ceux des environs de Paris, celui de Quintin en diffère complètement.

des variétés compactes ou fibreuses de quartz, sont plus ou moins complètement constitués par des produits cristallisés fibreux, offrant des orientations optiques variées; ils sont d'ordinaire mélangés à une proportion plus ou moins grande d'opale.

Les agrégats minéraux qu'ils constituent ne trahissent à l'œil nu (sauf dans le cas de la lutécite) aucun caractère différentiel, permettant de déceler leur structure intime, aussi, y a-t-il lieu de traiter ces agrégats comme de véritables roches et d'étudier d'une façon distincte, d'une part les *propriétés des fibres biréfringentes*, que seul le microscope peut mettre en lumière et d'une autre, les *caractères macroscopiques* qui étaient exclusivement considérés il y a quelque temps encore. Ce chapitre est consacré à l'étude optique de ces produits fibreux.

Ceux-ci ont la même composition chimique que le quartz; ils sont constitués par de la silice anhydre, plus ou moins imbibée d'opale. Leurs propriétés optiques ne sont pas changées après une calcination au rouge sombre qui rend opaque le spécimen étudié, par suite de la déshydration de l'opale interposée; l'échantillon calciné redevient transparent par immersion dans du baume du Canada. L'existence de l'opale peut être mise en évidence par un traitement à la potasse caustique qui la dissout. - On verra au paragraphe « *altérations* », que cette désopalisation des calcédoines s'effectue dans certains gisements par un procédé naturel.

Il faut distinguer trois types distincts, offrant tous la caractéristique commune d'être *biaxes* et optiquement *positifs*, de posséder une biréfringence et une réfringence sensiblement identiques et fort voisines de celles du quartz, mais se différenciant les uns des autres, 1° par la direction de l'allongement de leurs fibres (et par suite par le signe de leur allongement et la position du plan des axes optiques par rapport à celui-ci) et 2° par les groupements réguliers que constituent parfois ces fibres pour former des assemblages ternaires ou pseudosénaires.

Ces types sont la *quartzine* et la *calcédonite*, dont les fibres sont allongées parallèlement à l'un des axes de l'ellipsoïde optique et la *lutécite* dont l'allongement a lieu suivant une direction oblique par rapport à l'un de ces axes.

M. Wallerant a proposé de désigner uniformément tous ces minéraux sous le nom de quartzine; il semble préférable de conserver aux

termes de *quartzine*, de *calcédonite*[1] et de *lutécite* leur signification originelle, à condition, bien entendu, de ne pas les considérer comme des espèces minérales distinctes, mais comme diverses manières d'être du réseau élémentaire du quartz rhomboédrique, que l'on voit naître par groupement régulier des fibres de quartzine (voir page 42 et fig. 1).

Tous les minéraux qui vont être passés en revue se sont produits par concrétion par voie humide et, en outre de la structure cristalline qui sert à les définir, ils possèdent une structure par zones concentriques, bien mise en évidence par l'examen de leurs lames minces en lumière naturelle, surtout avec un éclairage un peu oblique. Ils s'associent fréquemment entre eux, formant individuellement les zones successives de masses fibreuses.

Quartzine.

Les propriétés de la *quartzine* ont été définies par MM. Michel-Lévy et Munier-Chalmas (*B. S. M.* XV. 159. 1893). Les fibres de quartzine sont allongées suivant n_g, et possèdent par suite des extinctions

Fig. 1.
Quartzine de Prop'ary (*Haute-Garonne*). Au centre, groupements ternaires, conduisant au quartz uniaxe. (*Photographie, lumière polarisée parallèle : grossissement de 180 diamètres.*)

1. J'emploie ce mot de *calcédonite*, dans le sens que M. Michel Lévy a donné au mot *calcédoine*, afin de conserver au terme calcédoine la signification plus compréhensive qu'il possédait avant l'emploi du microscope (voir page 132).

longitudinales. Elles paraissent en outre être aplaties suivant le plan $n_g\ n_m$; aussi, leurs sections transversales, perpendiculaires à la bissectrice aiguë positive, se présentent-elles sous forme de fibres à *allongement positif* et plan des axes optiques transversal. Parfois, comme dans la figure 1, des fibres de quartzine se groupent autour d'un axe ternaire et conduisent ainsi à du quartz uniaxe qui constitue les plages en forme de triangle du milieu de la figure. L'axe n_g est commun au quartz et à la quartzine ; dans celle-ci, le plan des axes optiques est perpendiculaire à la bissectrice des secteurs triangulaires. Parfois ces groupements de fibres sont extrêmement petits et ils se trouvent englobés au milieu de plages de quartz à structure homogène.

On a vu page 42, la description des groupements réguliers de fibres de quartzine sur le quartz des sables de Cuise et M. Wallerant a observé en outre, aux Aubiers (*Vendée*), de petits tétraèdres de 60° qu'il regarde comme représentant la forme élémentaire de ce minéral, qui serait en réalité triclinique.

L'écartement des axes optiques de la quartzine est très variable à cause des superpositions de lames qui sont à peu près constantes : il atteint 35 à 40° d'après les observations de M. Michel-Lévy, 58° d'après celles de M. Wallerant qui a mesuré les indices suivants sur des échantillons provenant des sables de Cuise des environs de Paris (*B. S. M.* 52. 1897).

	rouge (C)	*Na* (D)	vert (F)
n_g =	1,540	1,5435	1.548
n_m =	1,534	1,5355	1,540
n_p =	1,531	1,5325	1,537

$$n_g - n_m = 0{,}011$$
$$n_g - n_m = 0{,}0075$$
$$n_m - n_p = 0{,}035$$

Ces indices sont ceux des fibres de quartzine noyées dans une matière colloïde ; ils sont donc trop faibles. En calculant à l'aide de la loi de Gladstone les indices de la quartzine ayant une densité de 2,622 au lieu de 2,576, densité de l'échantillon mesuré, M. Wallerant en a déduit des nombres plus voisins de ceux des indices du quartz.

En résumé, ce qui caractérise essentiellement la quartzine, c'est son allongement positif (suivant n_g) et ses groupements ternaires conduisant au quartz.

Calcédonite.

Je désigne sous le nom de *calcédonite* toutes les variétés fibreuses du groupe qui sont allongées suivant n_p ; leur extinction est par suite longitudinale, leur allongement est parallèle au plan des axes optiques et de signe négatif. Leur zone d'allongement, comprenant la section parallèle au plan des axes optiques et celle perpendiculaire à la bissectrice aiguë *positive*, présente des sections ayant toutes les biréfrin-

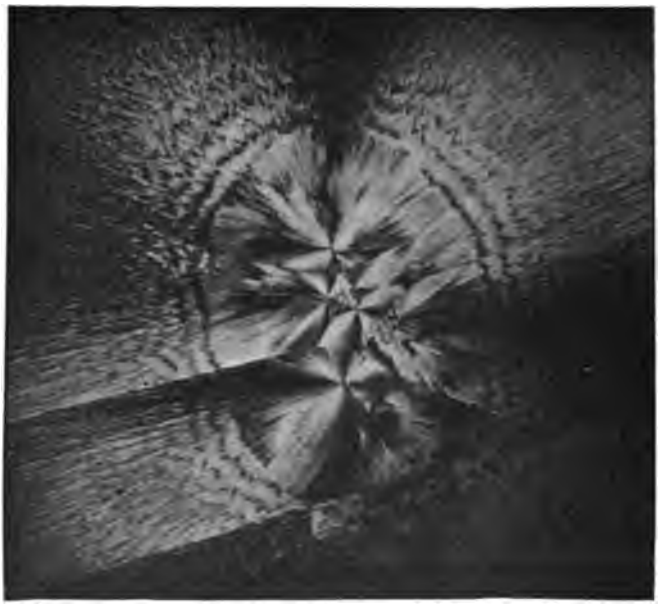


Fig. 1.
Calcédonite à enroulement. Section diamétrale d'un sphérolite à plusieurs centres. La Martinique. (*Photographie, lumière polarisée parallèle : grossissement de 15 diamètres.*)

gences possibles, depuis le maximum jusqu'à presque 0° [2 V = 30° (Michel-Lévy) et souvent plus petit par suite de superpositions]. Il y a là, indépendamment du signe de l'allongement, un caractère différentiel avec la quartzine, qui, dans la zone d'allongement, possède une biréfringence presque constante, voisine du maximum.

Très fréquemment, et particulièrement dans les échantillons à fibres longues et régulières, la calcédonite présente en outre une com-

plication de structure fort remarquable, mise en lumière et expliquée par M. Michel-Lévy, qui a montré le premier la biaxie et le signe optique *positif* du minéral. Dans cette calcédonite (*calcédoine* de M. Michel-Lévy), les variations de biréfringence s'observent non plus dans des fibres contiguës d'un même sphérolite, mais le long d'une même fibre; ces variations peuvent même s'y reproduire plusieurs fois.

Les figures 1 et 2 montrent l'aspect caractéristique que présente en lumière polarisée parallèle ce type de calcédonite. En lumière convergente, on constate que les parties noires sont perpendiculaires à

Fig. 2

Calcédonite à enroulement de la Grisière en Flacé-lès-Mâcon. Au milieu, sphérolite coupé parallèlement à l'allongement de ses fibres qui montrent leurs variations de biréfringence. A droite et en bas, sections transversales d'autres fibres de calcédonite. (*Photographie, lumière polarisée parallèle : grossissement de 35 diamètres.*)

la bissectrice aiguë *positive*, avec plan des axes parallèle aux fibres et que les sections éclairées sont parallèles au plan des axes optiques ; le passage entre ces deux orientations se fait insensiblement. Quant aux sections perpendiculaires aux fibres de la calcédonite, elles ne montrent que des plages enchevêtrées (fig. 2 à droite et en bas), perpendiculaires à n_m.

M. Michel-Lévy a fait voir que cette structure ne peut s'expliquer qu'en admettant l'enroulement autour de la fibre comme axe, de la

bissectrice aiguë *positive* (n_g), qui reste toujours perpendiculaire à la direction de la fibre. Cet enroulement peut se produire soit de droite à gauche, soit de gauche à droite.

En résumé, la calcédonite est caractérisée par son allongement suivant n_p, par les variations de sa biréfringence dans la zone d'allongement, qui en est la conséquence (calcédonite de Châtelaudren et de la Poype) et enfin, quand elle se présente à l'état parfait (fig. 1 et 2), par l'enroulement de sa bissectrice n_g autour de la fibre.

A la suite de la calcédonite, je signalerai une autre variété de produits quartzeux fibreux, qui ne se distingue pas toujours facilement de la calcédonite sans enroulement. Je veux parler de celle qui est allongée suivant n_m. Par suite de cet allongement, le plan des axes optiques est perpendiculaire à la direction des fibres et le signe de celles-ci doit être tantôt positif (section perpendiculaire à la bissectrice aiguë n_g) et tantôt négatif (section parallèle au plan des axes optiques). Mais par suite de la petitesse de l'angle 2 V et de la presque égalité des indices n_m et n_p, le minéral se comporte presque comme une substance uniaxe, les sections perpendiculaires à n_g sont presque éteintes et la plus grande partie des fibres sont de signe *négatif*. On ne peut guère alors différencier ce minéral de la calcédonite sans enroulement, que par la position du plan des axes optiques, transversal au lieu d'être parallèle à l'allongement ; l'emploi du mica quart d'onde et du quartz teinte sensible, quoique délicat dans ce cas, permet du reste de constater le signe positif de l'allongement des sections presque éteintes.

Lutécite.

La *lutécite* a la même biréfringence que la quartzine, mais s'en distingue par la direction de ses fibres (lutécine, Michel-Lévy et Munier-Chalmas, *op. cit.*, et par les assemblages pseudosénaires (lutécite Michel Lévy et Munier-Chalmas, fig. 1 à 5 ci-contre) qu'elles constituent, au lieu de donner des groupements pseudoternaires (quartz) comme ce dernier minéral.

Les cristaux de lutécite résultant de l'arrangement pseudosénaire de ces fibres ont la forme de pyramides pseudohexagonales surbaissées dont les faces font entre elles des angles d'environ 123°24′ (opposés par le sommet) et de 127°44′ (adjac.) (fig. 1 et 2). Ces

nombres sont très approximatifs ; les cristaux n'atteignent en effet que très rarement 0 mm. 5 ; ils sont toujours ternes et leurs faces sont raboteuses. Ils s'enfilent d'ordinaire en grand nombre suivant leur axe vertical (fig. 3) ou s'empilent comme dans les figures 4 et 5 en s'accolant par une face de la pyramide. Les faces de celle-ci sont striées parallèlement à l'intersection des arêtes culminantes ; deux faces opposées par leur sommet ont souvent des stries symétriques parallèles aux deux arêtes culminantes qui les limitent (fig. 1 et 2).

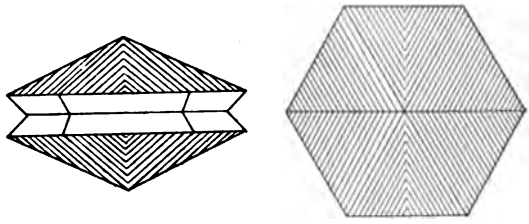


Fig. 1 et 2.
Cristal de lutécite (fig. 1) et sa projection sur la base (fig. 2).

Sections basiques. Les sections basiques se montrent au microscope, en lumière polarisée parallèle, divisées en six secteurs plus ou moins enchevêtrés, avec parfois des apparences de fibres parallèles aux diagonales de l'hexagone (fig. 6). Un examen plus approfondi montre qu'en réalité, il existe trois directions de fibres enchevêtrées, respectivement parallèles aux intersections des secteurs ; elles s'éteignent parallèlement à leur allongement qui est de signe positif. En lumière convergente, on voit que la section est très oblique (45°) sur la bissectrice aiguë *positive* (n_g), le plan des axes optiques étant transversal à l'allongement des fibres.

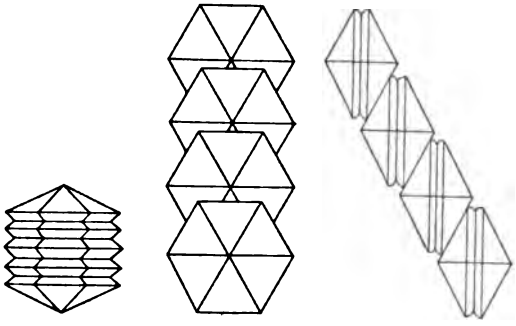


Fig. 3 à 5.
Groupements de cristaux de lutécite.

Sections passant par l'axe vertical et une arête culminante de la pyramide. Ces sections représentées par les figures 7 et 8 se divisent en quatre quadrants, limités par l'axe pseudosénaire et par la trace de la base. Examinons la constitution de chacun d'eux. Il existe d'abord une série de longues fibres faisant un angle de 16° avec la base et de 74° avec l'axe vertical (fig. 8). Elles sont perpendiculaires à la bissectrice obtuse *négative*, l'indice n_g y fait un angle de 29° avec l'axe des fibres,

et un angle de 45° avec l'axe vertical ; les quatre systèmes des fibres de la section complète s'éteignent en effet sensiblement ensemble.

Fig. 6.
Section de lutécite perpendiculaire à l'axe pseudosénaire. Clamart. (*Photographie, lumière polarisée parallèle ; grossissement de 50 diamètres.*) 1

Fig. 7.
Section de lutécite parallèle à l'axe pseudosénaire et passant par deux arêtes de la pyramide. Clamart. (*Photographie, lumière polarisée parallèle ; grossissement de 50 diamètres.*)

Ces fibres définissent la lutécite dont l'allongement[1] a lieu dans le plan $n_g\ n_m$ et à 29° environ de n_g. Il est probable en outre que ces fibres sont aplaties suivant le plan $n_g\ n_m$, car les fibres disposées parallèlement à l'axe vertical des cristaux (fig. 8) sont très fines et elles résultent de la section des fibres similaires des secteurs voisins.

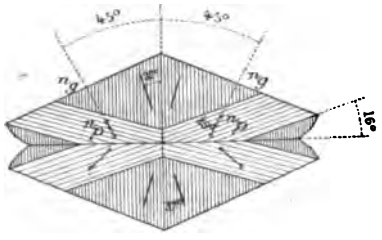


Fig. 8.
Interprétation théorique de la section verticale de lutécite représentée par la fig. 7_2.

Ces fibres ont un allongement positif et s'éteignent à environ 37° de l'axe vertical pseudosénaire; elles ont une structure très enchevêtrée.

1. Les figures 1 (page 122), 6, 7 et 9 ci-contre sont la reproduction des préparations microscopiques déjà figurées par MM. Michel-Lévy et Munier-Chalmas.

2. M. Wallerant a signalé (*op. cit.*) des fibres allongées suivant une direction du plan $n_g\ n_m$ perpendiculaire à celle de la lutécite ; il les a trouvées mélangées à des fibres de quartzine à la surface de cristaux de quartz des sables de Cuise.

Sections passant par l'axe vertical et par la diagonale de deux faces opposées de la pyramide. Les fibres parallèles à l'axe vertical sont positives et s'éteignent suivant leur allongement.

Sections parallèles à une face de la pyramide. La partie centrale de ces sections montre dans le champ du microscope la bissectrice positive excentrée dans deux systèmes de fibres parallèles aux côtés ; la biréfringence de ces fibres est très faible. La plage triangulaire ainsi constituée est bordée de plages à structure plus complexe appartenant aux secteurs voisins.

Fig. 1.

Section de quartz et de lutécite (groupés à axes parallèles) perpendiculaire à l'axe vertical commun. Bicêtre. (*Photographie, lumière polarisée parallèle : grossissement de 25 diamètres.*)

En résumé, ce qui caractérise la *lutécite*, c'est l'allongement de ses fibres suivant une direction du plan $n_g\, n_m$, à 29° environ de n_g et les groupements pseudosénaires qu'elles constituent, pour former les cristaux macroscopiques représentés par la fig. 1.

Groupements réguliers avec d'autres minéraux. La quartzine, par le groupement régulier de ses *fibres*, donne naissance au quartz rhomboédrique, ainsi qu'on l'a vu page 42 et page 122 (fig. 1).

Les *cristaux* de lutécite se groupent parfois d'une façon régulière sur des cristaux de quartz, leur axe pseudosénaire est alors parallèle à

l'axe ternaire de ceux-ci. La fig. 1 représente une section basique d'un semblable groupement vue en lumière polarisée parallèle : le quartz central est éteint, alors que les plages biréfringentes de lutécite offrent la même structure que dans la fig. 6 de la page 128.

Enfin la quartzine et la calcédonite forment souvent à la surface du quartz des recouvrements fibreux, continus. Leurs fibres rectilignes ou les pinceaux coniques formés par leurs fibres sont implantés normalement aux faces du quartz quelles qu'elles soient. Les groupements que forment ces fibres dans les sections de l'assemblage ne dépendent plus alors de leur propre symétrie, comme ceux étudiés plus haut, mais

Fig. 2.
Quartzine groupée sur des pointements rhomboédriques de quartz : les fibres de quartzine sont implantées normalement aux faces des rhomboèdres de celui-ci, Bellevue près Paris. (*Photographie, lumière polarisée parallèle : grossissement de 25 diamètres.*)

de celle du cristal qui leur sert de support. Il en est de même quand ces fibres sont implantées sur des cristaux rhomboédriques de calcite, cubiques de fluorine, etc.

Cependant, quand les fibres de quartzine sont implantées suivant ce mode sur un cristal de quartz, au voisinage de celui-ci, on les voit se recourber pour prendre son orientation et se confondre insensiblement avec lui. La figure 2 représente un cas de ce genre, le quartz a été éteint de façon à mettre en évidence l'orientation différente des fibres de quartzine qui recouvrent son pointement birhomboédrique.

Enfin, comme je l'ai indiqué déjà, tous les produits fibreux dont il vient d'être question s'associent fréquemment entre eux et avec le quartz, pour former les couches successives de masses fibreuses à aspect extérieur homogène. La figure 3 représente un cas très fréquent, alternance de lits de calcédonite et de quartzine.

Fig. 3.

Section d'une calcédoine de la Grisière en Flacé-lès-Mâcon, formée de zones alternantes de quartzine (zones éclairées uniformément) et de calcédonite (zones offrant des variations de biréfringence). (*Photographie, lumière polarisée parallèle : grossissement de 45 diamètres.*)

Diagnostic. Le tableau suivant résume les propriétés optiques des produits fibreux qui viennent d'être étudiés, *tous biaxes et optiquement positifs.*

	Allongement suivant	Signe de l'allongement	Angle d'extinction et position du plan des axes optiques par rapport à l'allongement	Propriétés de la zone d'allongement.
Quartzine.	n_g	+	0°. Parallèle.	Biréfringence presque constante. Les sections transversales des fibres sont perp. à la biss. aiguë positive.
Calcédonite [1].	n_p	—	0°. Parallèle.	Maximum et minimum de biréfringence dans des fibres distinctes (*calcédonite sans enroulement*) ou le long de la même fibre (*calcédonite avec enroulement*).
	n_m	± (— dominant.)	0°. Transversal.	Maximum et minimum de biréfringence dans des fibres distinctes.
Lutécite.	Droite du plan $n_g n_m$.	+	29° (n_g), (trace du plan des axes).	Bissectrice n_g oblique sur les fibres (n_p perpend. à une face de la zone).

1. Voir à *pseudocalcédonite.*

Produits microcristallins formés par les minéraux de la famille du quartz et par la pseudocalcédonite.

Le quartz, les divers minéraux fibreux de son groupe et aussi la pseudocalcédonite[1] soit seuls, soit associés, constituent un grand nombre de produits qui, depuis fort longtemps, ont reçu des noms distincts à cause de la variabilité de leurs caractères extérieurs.

Les uns sont relativement homogènes, formés presque exclusivement par des produits siliceux fibreux, mélangés seulement d'un peu d'opale ; ils possèdent souvent une structure externe concrétionnée, caractéristique, ce sont les *calcédoines*.

Les autres n'ont généralement pas de structure minéralogique externe régulière ; ils sont souvent inhomogènes, mélangés à de l'argile, des oxydes métalliques, etc., et constituent de véritables roches. Ce sont les jaspes, les bois silicifiés, les silex, etc.

Altérations. Tous les minéraux formés par le mélange physique de produits siliceux anhydres quels qu'ils soient et d'opale, subissent un mode d'altération qu'il est très facile d'étudier dans certaines agates ou calcédoines et surtout dans les silex.

La substance devient opaque, d'un blanc laiteux ; en même temps, elle perd de sa dureté, se laisse couper au couteau, elle devient plus légère. La patine des silex des stations préhistoriques constitue un bon type des premières phases de ce genre d'altération.

Fréquemment, la cohérence du silex disparaît, il se transforme en une masse blanche, poreuse, se coupant au couteau ; Marchand qui a étudié un produit de ce genre, provenant de Contremoulins en Fécamp *Seine-Inférieure*) l'a considéré comme une variété spéciale de silice et l'a appelé *passyite* (*A. C. P.* I. 392. 1874). Il a montré que ce minéral est à peu près anhydre (1,3 % d'eau).

M. Ch. Friedel a, d'autre part, donné l'explication du mécanisme de l'altération des agates (*A. P. C.* VII. 54. 1876) ; elle consiste dans la disparition de l'opale par dissolution. La diminution de densité des échantillons étudiés par lui est très nette ; elle est due à la porosité résultant de la disparition de cette opale.

J'ai pu constater du reste l'exactitude de cette explication en étu-

1. Voir page 159.

diant des échantillons de la passyite de Marchand que je dois à M. de Franqueville. Si, en effet, au lieu de prendre la densité apparente des silex altérés, comme l'a fait Ch. Friedel, c'est-à-dire le rapport de leur poids à celui du volume d'eau qu'ils auraient déplacé avant l'altération (volume estimé par immersion dans le mercure qui ne pénètre pas dans les pores de la roche), densité apparente plus petite que celle du silex intact, on prend la densité de la poudre de passyite, on constate qu'elle est plus grande que celle des silex intacts aux dépens desquels elle s'est formée. L'examen microscopique fait voir du reste que cette poudre est entièrement cristallisée, formée de petits grains de quartz, de fibres de quartzine et de calcédonite, soit libres, soit groupés pour épigéniser des débris de fossiles.

La désopalisation des calcédoines et des silex est un phénomène de dissolution dû aux eaux atmosphériques. Il est facile de le constater notamment à Contremoulins. Les silex y sont contenus dans une argile rouge ; ils proviennent de la craie sous-jacente. Leur transformation est d'autant plus complète que l'argile qui les contient est plus superficielle.

Il me paraît commode dans la pratique d'avoir un terme pour distinguer cette masse blanche, poreuse, holocristalline, résultant de la désopalisation des silex, afin de la distinguer des variétés d'opale offrant un faciès extérieur analogue et se trouvant dans les mêmes gisements (voir à *opale*) ; j'emploierai dans ce sens le terme de *passyite*, puisqu'il existe, je ne lui attribue d'ailleurs de valeur qu'au point de vue de la morphologie externe.

Calcédoine.

Je réserve le nom de calcédoine à toutes les formes *macroscopiques* de produits siliceux formés par concrétion, présentant une translucidité plus ou moins grande, une cassure conchoïdale et une structure intime fibreuse ou compacte dont la cristallinité ne peut être décelée qu'au microscope : c'est donc là la définition donnée par les anciens auteurs avant les études microscopiques.

Densité. La densité des calcédoines est en général un peu plus faible que celle (2,65) du quartz, ce qui s'explique par le mélange fréquent d'une petite quantité d'opale interposée entre les fibres. On a vu plus haut déjà que l'existence de cette opale peut être mise en évidence par la calcination du minéral qui devient alors opaque sans que la

biréfringence de ses fibres soit modifiée ; il est facile de s'en assurer en immergeant la substance dans un liquide (baume du Canada, alcool) ; elle reprend alors sa transparence (voir aussi à *altérations*).

Faciès. Les variétés de calcédoine ont toutes été établies depuis longtemps avant l'apparition du microscope, elles sont basées uniquement sur des propriétés externes : beaucoup d'entre elles sont utilisées pour la bijouterie ou la gravure sur pierre.

1° Le nom de *calcédoine* dans son sens restreint est appliqué aux variétés de couleur uniforme, blanches, grises, bleuâtres ou d'un bleu tendre, et le plus souvent translucides : elles se présentent mamelonnées, botroydes, stalactiformes (fig. 4), affectant la forme de gouttelettes, d'orbicules (fig. 3, 5 à 7), d'enduits concrétionnés.

La *cornaline* est une calcédoine rouge (rouge clair à rouge sombre) ; quand elle passe au rouge brun avec couleur brun rouge par transparence, elle prend le nom de *sardoine* ; ces variétés sont très translucides, tandis que la *calcédoine jaspeuse* est concrétionnée, rouge foncé, mais plus ou moins opaque.

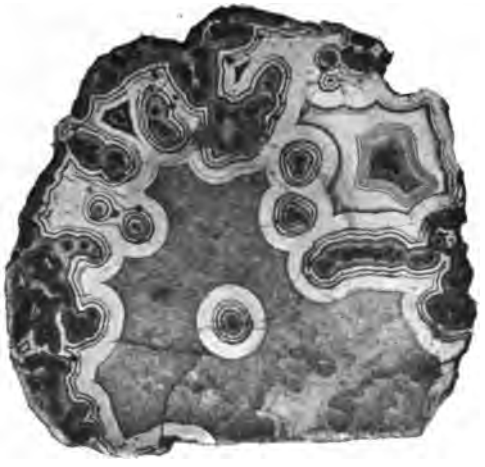


Fig. 1.
Géode de calcédoine remplie par du quartz. (*Photographie réduite de moitié environ.*)

Le *chrysoprase* est une calcédoine vert-pomme (colorée par du nickel), translucide.

Le *plasma* est une variété vert sombre ou vert-poireau, souvent un peu translucide, qui prend le nom d'*héliotrope* quand il est tacheté de rouge-sang.

2° Les *agates* sont des calcédoines de couleur régulièrement inhomogènes ; elles sont constituées par des zones de couleurs très variées, blanches, jaunes de cire, noires, bleuâtres ou grises, etc. Ces zones s'emboîtent les unes dans les autres et représentent toutes les irrégularités des parois dans lesquelles s'est formé le minéral (fig. 1) (la section des concrétions stalactiformes est parfois régulièrement circulaire), elles alternent quelquefois avec des zones de quartz transparent (hyalin ou améthyste) et celui-ci s'isole en beaux cristaux, quand les

cavités agatisées ne sont pas entièrement remplies ; il est fréquent alors de rencontrer une dernière génération de calcite (voir page 137 pour les *enhydres*).

Le nom d'*onyx* est réservé aux variétés d'agate, utilisées pour la fabrication des camées, dans lesquelles les zones successives sont planes ; leur section montre des bandes différemment colorées, régulièrement parallèles (fig. 3, page 157).

Toutes les variétés de calcédoine et d'agate peuvent renfermer des *dendrites* ferrugineuses ou manganésifères, donnant naissance aux variétés d'opale et de calcédoine *mousseuses* ou *dendritiques* (fig. 2).

Structure microscopique. La structure microscopique des calcédoines est très variée. Elle est d'ordinaire rubanée, à la fois zonaire et fibreuse. Les types concrétionnés, mamelonnés dont les fibres sont rectilignes ou disposées sous forme de pinceaux coniques, sont parfois implantés régulièrement sur des cristaux de quartz dont ils sont comme le prolongement.

Fig. 2.
Calcédoine avec dendrites manganésifères. (*Photographie, grandeur naturelle.*)

Un même type optique [quartzine, calcédonite (fig. 1, page 124), lutécite, pseudocalcédonite], constitue parfois tout le spécimen, mais on trouve fréquemment des alternances maintes fois répétées des divers types, une zone étant par exemple constituée par de la calcédonite et la suivante par de la quartzine, puis par une nouvelle zone de calcédonite et ainsi de suite (fig. 3, page 131).

D'autres calcédoines au contraire, ne présentent pas de structure interne régulière ; elles sont constituées par des rosettes ou des sphérolites de l'un ou de l'autre des types quartzeux fibreux (fig. 1, page 159) ou par le mélange en proportion quelconque et sans ordre de plusieurs d'entre eux, souvent accompagnés de quartz.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La calcédoine de même que toutes ses variétés est, comme je l'ai dit plus haut, uniquement d'origine aqueuse et s'est produite par

voie de concrétion et par cristallisation effectuée aux dépens de silice primitivement déposée sous forme d'opale. Elle ne se trouve donc dans aucune roche éruptive, cristallophyllienne ou métamorphique (de contact ou dynamométamorphique) en tant qu'élément d'origine primaire ; c'est au contraire un type de minéral formé par voie secondaire dans toutes les roches possibles.

Je l'étudierai seulement dans les conditions suivantes, considérées dans des paragraphes distincts uniquement pour la facilité des recherches :

1° Dans les roches éruptives.
2° Dans les filons de quartz.
3° Dans les sources thermales.
4° Dans les roches sédimentaires.

Ses gisements sont extrêmement nombreux, je me suis attaché à ne citer que les localités dont j'ai pu examiner des échantillons.

1° *Dans les roches éruptives et les schistes cristallins.*

La calcédoine se rencontre dans les fentes de beaucoup de roches éruptives : granites, diorites et plus rarement serpentines ; elle forme des enduits mamelonnés parfois translucides, gris, jaunes ou rougeâtres généralement peu intéressants.

J'indique seulement, comme exemple, la Chapelle du Planté en Quilly (*Loire-Inférieure*) où M. Baret signale de beaux échantillons de calcédoine au milieu de la serpentine, ainsi que dans l'*Ariège*, le Tuc de Coumes près Castillon, et l'Escourgeat en Suc où la calcédoine se trouve dans les fentes de la serpentine de lherzolite, recouvrant des cristaux de quartz (L'Escourgeat) ou associée à des mamelons de hyalite (Tuc de Coumes) (calcédonite).

Les petits solides tétraédriques que M. Wallerant considère comme représentant la forme de la quartzine se trouvent à la surface des cristaux de quartz d'une granulite des Aubiers (*Vendée*).

a) *Dans les roches volcaniques.*

La calcédoine est un des minéraux secondaires fréquents comme produit d'altération de roches éruptives basiques et particulièrement de celles de la famille des basaltes. C'est ce genre de gisement qui fournit les plus belles agates et les onyx les plus renommés. Ces variétés de calcédoine (généralement calcédonite) tapissent des

géodes à l'intérieur desquelles se trouvent souvent des pointements de quartz hyalin ou améthyste. Elles limitent parfois des cavités closes remplies d'eau (*enhydres*).

Plateau Central. — *Puy-de-Dôme.* La calcédoine en beaux échantillons n'est pas fréquente dans les basaltes auvergnats, on peut la citer toutefois dans celui du cap de Prudelles.

Algérie. — *Oran.* M. Gentil m'a signalé des concrétions de calcédoine (calcédonite à enroulement, et quartzine) associées au quartz, dans les andésites à hornblende du volcan de Tifarouine près Lourmel.

Alger. Des géodes d'agate zonée d'un blanc laiteux, renfermant des cristaux de quartz, se trouvent dans les basaltes de la rive gauche de l'Oued Fedjena, près Zurich, etc.

Côte des Somalis. — De grandes et belles géodes de calcédoine et d'agate de différentes nuances (calcédonite), généralement tapissées à l'intérieur par du quartz, se rencontrent en très grande abondance dans les basaltes et surtout dans les rhyolites sodiques rencontrées le long du chemin de fer de Djibouti à Harrar (notamment entre les kilomètres 37 et 90 et dans tous les ravins qui aboutissent au chemin de fer), ainsi qu'à l'île de Doumeïra.

Madagascar. — De belles géodes de calcédoine, souvent intérieurement tapissées de cristaux de quartz, se rencontrent dans les basaltes de nombreux gisements de Madagascar. Il faut citer notamment les enhydres d'Atongodrahoja à environ 180 kilomètres N. N. O. de Tananarive (avec belles géodes de quartz), les onyx, la calcédoine verte et les jaspes de couleur variée de la presqu'île de Radama ; les roches basaltiques des petites îles de Berofia, Ambariovaliha, Kalakajoro et Antanifaly sont également très riches en vacuoles remplies par du quartz, des onyx, de la calcédoine verte ou brune et enfin par de la calcite. Les échantillons que j'ai étudiés sont formés par de la calcédonite.

Kerguelen. — De très belles géodes de calcédoine blanche ou grise, translucide à surface mamelonnée, luisante et stalactiforme abondent dans les roches volcaniques basiques altérées des îles Kerguelen et fournissent de beaux échantillons de collection (*calcédonite*).

Guadeloupe et Martinique. — De magnifiques géodes et blocs de calcédoine blonde, translucide, se trouvent à la Guadeloupe et sur-

tout à la Martinique, quartier Sainte-Anne ; je n'en ai jamais vu adhérant à une gangue, mais il me paraît probable qu'elles sont en relation plus ou moins directe avec les roches volcaniques basiques voisines, bien que je n'en aie pas la preuve. Elles se trouvent dans la même région que les bois silicifiés et les opales jaspeuses dont il est question plus loin. Elles sont parfois associées à du quartz hyalin en courts pointements et sont constituées par de la calcédonite (fig. 1, p. 124) et de la pseudocalcédonite.

2° *Dans les filons de quartz.*

La calcédoine, ainsi que ses diverses variétés, se rencontre avec le quartz, comme gangue de quelques filons métallifères ; sous forme d'agate plus ou moins pure, elle se trouve dans un grand nombre de filons ou filonnets de concrétion traversant les roches les plus diverses, elle y est souvent associée à du jaspe. C'est par le démantellement de ces filons que les blocs d'agate se rencontrent si souvent dans les formations détritiques, dans les terres labourées d'un grand nombre de localités et il est peu de collections minéralogiques locales qui n'en renferment des séries parfois intéressantes.

Je citerai les gisements suivants dont j'ai étudié la calcédoine compacte ou concrétionnée.

Bretagne. — *Côtes-du-Nord*. La calcédoine mélangée au quartz est l'une des gangues des filons de blende de Châtelaudren ; elle est souvent colorée en jaune ou en rougeâtre, très nettement concrétionnée et mélangée de quartz cristallin. J'y ai observé des associations de quartzine, de calcédonite, avec ou sans enroulement, et enfin, de pseudocalcédonite. Dans le même gisement se trouve du jaspe rouge sanguin.

Morbihan. La calcédoine concrétionnée, mamelonnée et stalactiforme, était abondante dans les filons de galène de Saint-Maudez (quartzine et calcédonite en couches alternantes). On la rencontrait aussi, plus rarement toutefois, en incrustations sur le quartz du filon de cassitérite de La Villeder ; elle encapuchonne les cristaux de quartz du filon de Saint-Gravé.

Loire-Inférieure. Environs de Nantes, Vertou, la Haie Fouassière, etc.

Plateau Central. — *Corrèze*. La calcédoine en gouttelettes abonde dans le filon de quartz de Paillerés à la Porcherie près de Bertranger ; elle est mélangée au quartz dans celui de Morterolles (Barret, *Géol. du Limousin*, 114).

Puy-de-Dôme. La calcédoine accompagne le quartz cristallisé dans quelques filons du Puy-de-Dôme et notamment près du hameau de Chalard au-dessus de Saint-Julien de Copel, à la côte des Pompes près Varennes sur la route du Mont-Dore; on la trouve dans quelques filons d'améthyste où elle forme des enduits ou des encapuchonnements sur les cristaux de ce minéral (calcédonite et quartzine).

Alpes. — *Isère.* La gangue de la blende des filons de la Poype est en partie constituée par de la calcédoine jaune ou rougeâtre mamelonnée ressemblant beaucoup à celle de Châtelaudren (calcédonite, avec ou sans enroulement et pseudocalcédonite, mélangée à du quartz).

3° *Dans les sources thermales.*

Plateau Central. — *Puy-de-Dôme.* C'est à une véritable formation de sources thermales qu'il y a lieu de rapporter la production de belles gouttelettes de calcédoine, d'un gris de perle ou bleuâtres, qui accompagnent le bitume, exploité dans les fentes des pépérites d'un grand nombre de localités de la Limagne. Ces gouttelettes de calcédoine sont constituées par des fibres de calcédonite, parfois de quartzine, recouvertes par une zone de lussatite (voir plus loin) imbibée d'opale. Elles sont souvent accompagnées de cristaux de quartz qui, tantôt forment des groupements distincts de la calcédoine et tantôt au contraire viennent s'implanter à la périphérie de ses mamelons. Leurs angles et leurs faces sont parfois arrondis, recouverts par des fibres de calcédonite, puis de lussatite. A la mine des Roys, la calcédoine orbiculaire épigénise des fossiles (notamment *Helix Ramondi*) qui dans d'autres cas, sont en partie transformés en bitume. M. P. Gautier auquel je dois l'échantillon représenté par la fig. 3, page 148 m'a signalé que ces fossiles sont parfois réunis les uns aux autres par des traînées de gouttelettes de calcédoine et de bitume.

Fig. 3.
Gouttes de calcédoine et cristaux de quartz, recouverts de lussatite, sur pépérite de Pont du Château. (*Photographie un peu réduite.*)

Le gisement qui a fourni jadis les magnifiques échantillons de calcédoine en gouttes et de quartz recouverts de lussatite de la collection

du Muséum est Pont-du-Château. On en a rencontrés d'analogues dans beaucoup d'autres gisements, dont les principaux sont les suivants : Lussat, Puy de la Poix (ou de la Pège) près de Clermont, Puy de Crouël, Puy de la Sau (du Sel), Puy de la Roche et Puy de Cornonet près de Cournon, Puy Long près Lempdes, Château-Gay, et enfin Malintrat ; dans ce dernier gisement, la calcédoine est implantée plus souvent sur le bitume que sur les pépérites ; elle est fréquemment accompagnée de pyrite.

La calcédoine se trouve aussi dans les pépérites sous la forme habituelle de géodes à surface mamelonnée.

Pyrénées. — *Pyrénées Orientales*. La calcédoine a été observée aux griffons de la source thermale d'Olette.

Vosges. — *Vosges*. M. Daubrée a rencontré des enduits jaunes, translucides de calcédoine dans les fentes des briques romaines des thermes de Plombières.

4° *Dans les formations sédimentaires.*

La calcédoine se rencontre en très grande abondance dans les terrains sédimentaires, elle y constitue surtout l'un des principaux éléments microscopiques des silex (voir page 149) et parfois tapisse de ses beaux mamelons arrondis ou stalactiformes les cavités de ceux-ci. Elle forme aussi des gouttelettes, des orbicules, des enduits dans les fentes des roches sédimentaires elles-mêmes et enfin épigénise des oolites ou des fossiles ; je considérerai ce dernier cas à part.

Bien que la calcédoine se rencontre à peu près dans tous les terrains, ce n'est que dans les assises secondaires et tertiaires qu'elle joue un rôle véritablement important.

a) *Sous forme de concrétion ou d'épigénies.*

α) Dans les assises secondaires.

Trias.

Corbières. — *Hérault*. Des orbicules de calcédoine semblables à ceux d'Aulon, représentés par les figures 5 à 7, se trouvent dans le trias gypseux de Cazouls-les-Béziers. Ils sont essentiellement constitués par de la quartzine.

Cévennes. — *Gard* et *Ardèche*. On a vu page 111 que les marnes irisées d'Alzon et de Seynes près les Vans, renferment de grosses géodes de calcédoine, tapissées de cristaux de quartz et parfois (les Vans) remplies par de la blende : cette calcédoine est formée par de la quartzine et plus rarement par de la calcédonite à enroulement.

Jurassique.

Poitou. — *Vienne*. Je dois à M. Boreau un curieux échantillon de calcédoine (calcédonite) bleuâtre, recouvrant des cristaux de calcite qui tapissent les cavités d'un calcaire jurassique d'Availles.

Saintonge. — *Charente-Inférieure*. On trouve la calcédoine dans le jurassique de Saint-Laurent de Céris et dans de nombreuses localités du canton de Saint-Claud en très beaux échantillons mamelonnés (calcédonite à enroulement).

Charente. Elle se présente en gouttelettes (*calcédonite*), avec quartz hyalin bipyramidé, dans les argiles liasiques de Roumazières.

Berri. — *Cher*. Les calcaires oolitiques bathoniens de la Selle Bruère près Saint-Amand, sont transformés en produits siliceux constitués par un mélange de quartz finement grenu et de pseudocalcédonite fibreuse. La fig. 2, page 160, représente une lame mince d'un de ces calcaires silicifiés.

Madagascar. — La calcédoine paraît être très fréquente dans les calcaires jurassiques de Madagascar, si j'en juge par les nombreux échantillons rapportés par les voyageurs, malheureusement sans renseignements précis sur leur gisement. Je ferai toutefois une exception pour des échantillons qui m'ont été communiqués par le capitaine de Bovie. Ils abondent sur les bords de la Sofia (côte N. O.) depuis Ambodoungo, jusqu'à Port-Bergé sur le Bemarivo et aux alentours d'Amparaly, au Sud-Est de ce dernier poste, ainsi que sur le plateau d'Anketsa. La calcédoine, seule ou associée au quartz cristallisé, remplit les cavités de calcaires. Cette calcédoine forme aussi des concrétions stalactiformes et botroïdes très grêles, ayant la forme de racines ligamenteuses contournées (Port-Bergé) et s'appuyant sur un noyau central d'opale. Tantôt cette calcédoine est homogène, blanche et translucide, tantôt elle est constituée par des zones concentriques riches en opale ; elle est fréquemment aussi patinée et se transforme en passyite pulvérulente.

Il me semble probable que l'on trouvera dans cette région de beaux échantillons d'onyx. L'élément cristallin de ces calcédoines est surtout la calcédonite à enroulement, avec parfois de la pseudocalcédonite.

Crétacé et argile à silex.

La calcédoine est extrêmement abondante dans tous les niveaux à silex (voir plus loin) du crétacé et notamment dans ceux du cénomanien et surtout du sénonien ; elle tapisse les cavités des silex de ses mamelons ou de ses stalactites : sa couleur est généralement pâle, grise, bleuâtre ou blonde ; elle est translucide, mais prend souvent à l'air une patine blanche opaque due à la dissolution partielle de son opale. Elle abonde aussi dans l'argile à silex qui dans quelques régions a été formée aux dépens des assises crétacées.

Je ne citerai que quelques gisements caractéristiques dont j'ai étudié des échantillons. Ils se montrent au microscope, constitués par des fibres de calcédonite, parfois mélangées à des fibres de quartzine et à du quartz.

Normandie. — *Seine-Inférieure.* Saint-Valéry-en-Caux, Cap de la Hève, Neufchâtel (cénomanien), Saint-Jouin (turonien), Rouen, Fécamp (sénonien), etc.

Orne. La collection du Muséum renferme des échantillons d'un très beau sardonyx dont les couches sont brunes (sardoine) ou blanches translucides (quartzine, calcédonite et pseudocalcédonite) ; ils sont indiqués comme provenant des fentes d'un grès de Saint-Hilaire-de-Noyers en Nocé, à l'Est de Bellême ; il s'agit probablement de la glauconie sableuse constituant le sol de cette localité que je n'ai pas visitée personnellement.

Région parisienne. — *Seine.* Meudon (sénonien).

Seine-et-Oise. Mantes, Laroche-Guyon (sénonien).

Marne. Beauvais, Saint-Romain près Fismes (sénonien), beaux rognons stalactiformes recouvrant un axe de quartz.

Bourgogne. — *Yonne.* Sens (sénonien).

Saône-et-Loire. La calcédoine en géodes mamelonnées abonde dans l'argile à silex du Chalonnais et du Mâconnais (la Grisière en Flacé-lès-Mâcon, Chevagny, etc.) formée par le remaniement à l'époque tertiaire de dépôts crétacés.

Dans une des carrières de la Grisière, j'ai recueilli à la surface des blocs de grès englobés dans l'argile à silex, de très beaux échantillons

de calcédoine, parfois presque transparente, jaune ou bleuâtre qui forme de grosses gouttes ou de larges et épais enduits à bords relevés en bourrelets et fréquemment terminés par des groupements en éventail de cristaux hyalins de quartz. Cette calcédoine est remarquablement pure et constituée par des fibres de calcédonite dont il est facile d'étudier les propriétés optiques (fig. 2, page 125) ; elles alternent parfois avec des zones fibreuses de quartzine (fig. 3, page 131).

Fig. 4.
Calcédoine mamelonnée de Saint-Innocent-en-Brison (*Savoie*). (*Photographie un peu réduite.*)

Jura. — *Jura.* Saint-Julien (crétacé supérieur), Cinquétral (néocomien).

Bassin de la Loire. — *Loir-et-Cher.* Château du Loir. Montaire (cénomanien).

Indre-et-Loire. Grand-Pressigny (turonien).

Alpes. — *Savoie.* La figure 4 reproduit la photographie d'une stalactite de calcédoine provenant de l'urgonien de Saint-Innocent en Brison, sur le bord du lac du Bourget (calcédonite).

Charente-Inférieure. Cognac (santonien), avec quartz (calcédonite).

Pyrénées. — *Haute-Garonne.* Les marnes sénoniennes et daniennes de Montsaunès (dans carrières et terres cultivées au pied du Pech), de la métairie de Vignoles entre Propiary et Cazeneuve, d'Aulon près d'Aurignac et d'Auzas renferment de très jolis orbicules de calcédoine translucide, libres ou accolés. Leur surface et polie et cireuse (fig. 5 et 6), alors que dans d'autres cas, elle est, complètement ou partiellement, hérissée de petits pointements de cristaux de quartz hyalin (fig. 7).

Fig. 5 à 7.
Orbicules de calcédoine d'Aulon près Aurignac (*Haute-Garonne*). (*Photographie un peu réduite.*)

L'examen microscopique fait voir que la calcédoine de ces gisements est essentiellement constituée par de la quartzine, à laquelle est plus rarement associée de la calcédonite à enroulement. Les groupements ternaires de la quartzine conduisant au quartz sont particulièrement nets dans les échantillons de Propiary (voir page 122, fig. 1).

β) Dans les assises tertiaires.

La calcédoine est très abondante dans les terrains tertiaires, au milieu des assises ayant subi des phénomènes de décalcification ou de dégypsification; tous les types de fibres (quartzine, lutécite et calcédonite) s'y rencontrent : c'est même le gisement presque exclusif de la lutécite. On verra plus loin que les *meulières* sont des roches formées par du quartz, de la quartzine, et de la calcédonite : on trouve souvent dans leurs cavités des mamelons de calcédoine, mais qui ne fournissent que de médiocres échantillons.

Bassin de Paris. — Des nodules de quartz généralement creux et tapissés intérieurement de calcédoine mamelonnée ou stalactiforme abondent dans les sables de Cuise (Cuise-la-Motte), Noyon (*Oise*), etc. Les fibres sont constituées par de la calcédonite ou par de la quartzine. C'est dans des échantillons de ce genre de gisement que M. Wallerant a étudié les relations du quartz et de la quartzine dont il a été question plus haut.

Mais les plus remarquables gisements de calcédoine que l'on rencontre dans cette région sont ceux qui sont liés d'une façon intime au gypse. La calcédoine y constitue souvent tout ou partie de pseudomorphoses de cristaux lenticulaires ou de véritables lits de gypse en roche. Ces pseudomorphoses sont particulièrement abondantes dans le lutétien supérieur (caillasses); elles sont limitées au bord des vallées, et ont été produites par un phénomène de substitution récent, se continuant probablement encore, qui sera étudié plus en détail à la description du gypse. Des pseudomorphoses analogues se trouvent à divers niveaux du bartonien (calcaire de Saint-Ouen, sables de Beauchamp) et enfin dans le ludien.

Ces pseudomorphoses siliceuses du gypse ont été découvertes en 1780 par Pasumot, au château de la Muette, à Passy; ce sont elles qui constituent le *quartz grenu en cristaux lenticulaires* des anciens auteurs. Leur véritable nature pseudomorphique, pressentie par Pasumot, a été définitivement établie par Haüy. Depuis lors, elles ont été bien souvent décrites; elles ont été l'objet d'un plus récent mémoire de MM. Michel-Lévy et Munier-Chalmas (*B. S. M.* XV. 159. 1892) qui en ont fait la première étude microscopique et y ont trouvé le type de leur *lutécite*.

La calcédoine du lutétien est constituée, suivant les échantillons ou suivant les localités, par de la *calcédonite*, de la *quartzine* ou enfin par de la *lutécite*, seules ou associées entre elles ou avec du quartz. Elle forme des masses concrétionnées, sert de ciment à des cristaux de quartz ou enfin, recouvre des cristaux bipyramidés de ce minéral d'une croûte fibreuse qui arrondit leurs angles et leurs faces. Elle constitue aussi des orbicules plus ou moins réguliers, se terminant fréquemment à leur périphérie par des cristaux de quartz. Dans les pseudomorphoses de lits entiers de gypse, ces produits siliceux sont associés à de la calcite en rhomboèdres inverses d'un jaune pâle qui, dans quelques gisements, sont accompagnés de petits cubes de fluorine ou de cristaux microscopiques de célestite.

Les pseudomorphoses des lentilles de gypse ne sont pas toujours entièrement constituées par des produits siliceux. Quand il en est ainsi, cependant, elles ont une surface extérieure lisse et régulière (Passy), et sont formées par de la lutécite ; le plus souvent, les minéraux siliceux constituent des lames noyées dans de la calcite qu'il faut enlever à l'aide d'un acide, quand on veut les étudier.

Il n'est pas possible de préciser les conditions dans lesquelles les produits siliceux sont exclusivement constitués par du quartz (fondations des abattoirs de Vaugirard) ou au contraire par de la lutécite (certains points de Vanves, de la Glacière, de Clamart, de Passy). Dans ces dernières localités, après traitement par un acide, apparaissent des géodes dans lesquelles les cristaux de lutécite sont groupés en grand nombre, souvent orientés de la même façon. Ils sont assez rarement distincts (fig. 1 à 5).

J'ai observé de délicates stalactites de calcédoine à Neuilly ; elles sont presque transparentes, constituées par des fibres de calcédonite. Leur diamètre est de quelques millimètres seulement ; elles ont parfois à leur centre un cristal de calcite dont l'axe vertical est parallèle à leur allongement : de très belles gouttelettes de calcédoine ont été trouvées autrefois dans les tranchées du chemin de fer de Bellevue.

Enfin, j'ai rencontré la pseudocalcédonite comme élément essentiel de calcédoine en plaquettes mamelonnées, translucides, trouvées dans les fondations du Val-de-Grâce à Paris. Ce minéral y est associé à des rosettes de cristaux bipyramidés de quartz avec lesquels il ne présente aucune relation géométrique.

J'ai décrit antérieurement de très curieuses pseudomorphoses de

gypse, occupant le centre de rognons de ménilite du bartonien (calcaire de Saint-Ouen) de la plaine Monceau à Paris. Ce sont des cavités ayant la forme de lentilles du gypse, maclées suivant $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$), au milieu desquelles se dressent des lames blanches, translucides, parallèles aux faces g^1 (010) et e^1 (011) de ce minéral. Ces lames sont constituées par un mélange d'opale, de calcédonite et de lutécite. L'opale est en globules, accolés ou entourés par des sphérolites de calcédonite ou enfin alternant avec ceux-ci. La lutécite se présente en cristaux dont l'axe pseudosénaire est perpendiculaire au plan des lames qui les supportent. Ils sont parfois très nombreux, pressés les uns contre les autres et recouverts par des fibres de calcédonite.

Dans le parc de Saint-Cloud, se rencontrent aussi des pseudomorphoses de gypse, enveloppées dans de la ménilite ou dans une marne opalisée; mais au lieu d'être creuses et de dépasser 10 cm. de plus grande dimension, comme les précédentes, elles sont pleines et n'ont que quelques millimètres ou quelques centimètres de dimension maximum. Elles renferment parfois encore un peu de gypse non transformé et l'on voit que la lutécite, qui les constitue exclusivement, forme une série de cristaux pressés les uns contre les autres, dont l'axe vertical est parallèle à celui du gypse. La lutécite en petits cristaux microscopiques distincts est aussi distribuée d'une façon régulière dans le plan de schistosité de la ménilite du même gisement; leur axe vertical est perpendiculaire à ce plan.

La lutécite est beaucoup moins abondante dans le ludien. Elle constitue cependant avec de la quartzine, de la calcédonite et du quartz les nodules siliceux, à contours incertains que l'on trouve dans le gypse exploité dans la région parisienne et qui proviennent de la silicification imparfaite de celui-ci.

J'ai recueilli dans les marnes à ménilite de Sannois, un groupe de lentilles de gypse entièrement transformées en lutécite et identiques comme structure, aux pseudomorphoses du lutétien de Passy.

Les calcaires de Champigny dont il sera question à l'opale, renferment des calcédoines stratiformes, véritable onyx et sardonyx, à couches alternativement blanches, d'un gris noir ou blondes. On a pu au commencement du siècle, les utiliser comme camées. Le graveur sur pierre, Jeuffroy, a sculpté, notamment avec cette pierre, un camée ovale (représentant la princesse Charlotte de Bénévent), remarquable par ses grandes dimensions (5 cm. sur 4 cm.).

Berri. — *Indre.* Jusqu'à présent la *lutécite* n'est guère connue que dans les pseudomorphoses de gypse. Je l'ai néanmoins trouvée comme élément constitutif d'une sardoine stalactiforme d'un brun un peu rougeâtre, très translucide de Blizon en Rosnay qui, d'après la constitution géologique de cette région, doit provenir de l'oligocène (sidérolitique).

b) *Sous forme d'épigénies organiques.*

Les produits siliceux microcristallins ne se rencontrent pas seulement sous la forme décrite plus haut, ils épigénisent parfois des couches entières de sédiments calcaires. Il est aussi assez fréquent de constater dans les calcaires que la silicification s'est localisée, qu'elle s'est effectuée presque exclusivement aux dépens du test des fossiles (mollusques, brachiopodes, etc.) [bajocien (ciret) du Mont d'Or lyonnais][1]. La structure cristalline de la calcite et de l'aragonite constituant ceux-ci est probablement cause de cette élection de la silice. Cette silicification a un grand intérêt pour les paléontologistes, car elle permet, par l'action des acides, d'isoler les fossiles et d'obtenir ceux-ci avec l'apparence qu'ils ont à l'état vivant; c'est ainsi que les bras internes des brachiopodes peuvent être préparés avec la plus grande facilité [térébratules bajociennes de Saint-Sorlin (*Saône-et-Loire*, etc)].

Très fréquemment, les fossiles ainsi silicifiés n'ont pas une surface lisse; ils sont recouverts de petites lentilles composées de bourrelets plus ou moins régulièrement concentriques, séparés les uns des autres par des dépressions. A. Brongniart les a décrits sous le nom d'*orbicules siliceux* (*Ann. sc. nat.* XXIII. 161. 1831); il a montré leur véritable nature et fait leur historique : ils avaient été considérés au siècle précédent comme des organismes. La fig. 3 est la reproduction de la photographie de gryphées d'Alais et du Salève entièrement constituées par cette variété de calcédoine.

Cette calcédoine orbiculaire est identique à celle qui constitue des épigénies de blocs de calcaire du Devonshire et que l'on a appelée *beekite* (beckite de Dufrénoy).

Voici quelques gisements particulièrement remarquables par la netteté de leurs orbicules avec l'indication de la nature des fossiles épigénisés; les fibres siliceuses qui les constituent sont constituées par de la calcédonite ou par de la quartzine souvent associées :

1. Pour les bois fossiles, voir page 154.

Lias : Sauvages près Alais (*Gard*) (belemnites), Alais (gryphées); Castellane (*Basses-Alpes*); Mézières (*Ardennes*) (ammonites); près Aromanches (*Calvados*) (pinnes).

Jurassique moyen et supérieur : Puyseux (nérinées), environs de Sedan (*Ardennes*) (limes); Salève (*Haute-Savoie*) (gryphées); Potigny près Falaise (*Calvados*) (pectens); environs de Besançon (*Doubs*) (térébratules).

Crétacé (*cénomanien et turonien*) *:* Jonzac (micraster brevis), Fouras près la Rochelle, Saintes (huîtres), Ile d'Aix (*Charente-*

Fig. 3.
Gryphées des environs d'Alais (*Gard*) et du Salève (*Haute-Savoie*) transformés en orbicules calcédonieux. (*Photographie, grandeur naturelle.*)

Fig. 4.
Helix Ramondi des pépérites de Pont-du-Château (*Puy-de-Dôme*) transformé en calcédoine orbiculaire (calcédonite et quartz) et recouvert de lussatite. (*Photographie, grandeur naturelle.*) Les parties noires sont constituées par du bitume.

Inférieure) (sphérulites et caprines, ces fossiles sont souvent transformés en quartz fibreux); Barbezieux (*Charente*), (calcédoine orbiculaire à l'extérieur et mamelonée à l'intérieur de sphœrulites); Brantôme, Nontron (*Dordogne*) (huîtres); Suze près le Mans (*Sarthe*); Cap de la Hève près le Havre (*Seine-Inférieure*) (pectens).

Oligocène. Pont du Château (*Puy-de-Dôme*) (hélix Ramondi). Ces fossiles, dont la fig. 4 réprésente un spécimen, ont été déjà signalés page 139; ils sont constitués par de la quartzine et de la calcédonite, recouvertes de lussatite.

Roches quartzeuses.

Je désigne, sous cette rubrique, une série d'accidents minéralogiques ou de véritables roches que le microscope montre essentiellement con-

stitués par des produits siliceux cryptocristallins. Ils se différencient de la calcédoine par l'absence de structure extérieure régulière, constante. Ces roches se distinguent bien par leur composition et leur origine, à la fois des roches quartzeuses clastiques (grès, étudiés page 102) et des roches siliceuses dont l'opale est l'élément essentiel. (Voir à *opale*).

1° *Silex.*

Le type du silex[1] doit être choisi dans les assises crétacées où il forme des rognons à forme bizarre, englobant souvent des fossiles microscopiques ou macroscopiques. Les silex se séparent bien de la craie qui les enveloppe[2]. Ils sont durs, rayent le verre, font feu au briquet (*silex pyromaque*, *pierre à fusil*); ils sont sonores. La cassure est conchoïdale et unie, parfois conique (fig. 77, page 104), les esquilles sont transparentes ou translucides sur les bords. La coloration des silex est variable, mais en général constante dans un gisement donné, jaune, blonde ou noire. Les rognons sont d'ordinaire recouverts d'une croûte blanche, constituée par de la craie, adhérente à leur masse.

Les silex ont été originellement constitués par de l'opale et formés par un mécanisme qui sera discuté plus loin. Actuellement, l'opale ne joue plus dans leur constitution qu'un rôle subordonné, par suite d'un travail moléculaire qui d'ordinaire n'est pas achevé; dans la plupart des cas, elle s'est déshydratée et s'est transformée en produits cristallisés. La diminution de volume qui en est résultée a souvent déterminé la production de cavités que tapissent des cristaux de quartz ou des mamelons de calcédoine (voir page 142). L'examen microscopique fait voir que le degré de cristallinité des silex d'une même localité n'est pas constant. Les échantillons varient au point de vue des pro-

1. Les anciens auteurs donnaient le nom de *silex corné* à des roches siliceuses d'une toute autre origine et structure. Ce sont des roches de couleur variée, à cassure plate : elles sont essentiellement constituées par du quartz grenu; elles forment la gangue de filons métalliques divers : Huelgoat (*Finistère*), Estressin (*Loire*), La Poype (*Vienne*) ou encore proviennent de l'épigénie de lits gypseux par du quartz, de la lutécite, etc. (voir page 146) : Saint-Cloud (bartonien), Montmartre (dans le gypse ludien).

2. Les silex des gaizes (voir à *opale*), n'ont cependant pas de contours nets et passent à la roche ambiante par des transitions insensibles (Voir note page 152).

portions relatives de l'opale et des produits cristallisés ; ceux-ci varient eux-mêmes en grosseur et en nature : ce sont des grains de quartz, des fibres ou des sphérolites de quartzine, de calcédonite, etc. Les débris organiques (spicules d'éponges, etc.), y sont parfois abondants et d'ordinaire silicifiés.

La proportion plus ou moins grande d'opale se trahit dans les échantillons exposés à l'air par la production d'une patine blanche, opaque, (silex taillés des stations préhistoriques) ; on a vu plus haut qu'elle est due à la dissolution de l'opale par les eaux atmosphériques. Quand celle-ci est suffisamment abondante, sa disparition transforme le silex en masses poreuses se coupant au couteau et s'émiettant sous les doigts. J'ai fait voir plus haut que cette substance (*passyite*) est constituée par tous les éléments cristallisés du silex mis en liberté. Il ne faut pas confondre du reste cette patine d'altération, à cassure lisse, avec les croûtes blanches, raboteuses, riches en calcite qui s'observent normalement au contact des rognons de silex et de la craie qui les renferme.

C'est à l'existence de l'opale qu'il faut attribuer la différence de dureté des silex au sortir de leur gisement ou longtemps après leur extraction. Quand les silex étaient employés comme *pierre à fusil*, on avait toujours soin de les tailler au sortir même de la carrière ; il semble même que les silex replacés dans l'humidité soient susceptibles de reprendre à la longue leur eau de carrière, leur opale fonctionnant comme hydrophane. On a cité, en effet (*B. S. M.* III. 110, 1880), des silex taillés, trouvés dans des fouilles d'un tumulus préhistorique à Kergourognon en Prat (*Côtes-du-Nord*), qui, au moment de l'ouverture de celui-ci, se brisaient sous la pression du doigt, alors qu'après quelques heures d'extraction, ils avaient repris leur dureté normale.

L'origine des silex a été longtemps discutée et l'est encore ; on les a considérés comme contemporains des couches qui les renferment ; les dragages de mers profondes ont montré qu'actuellement, nulle part dans les océans, ne se forment par sédimentation des roches de ce genre, aussi n'est-il pas probable qu'ils se soient produits dans le fond de la mer crétacée.

De nombreux arguments, au contraire, doivent faire considérer les silex comme de formation postérieure aux sédiments qui les renferment. Quelques auteurs cependant sont disposés à admettre une opinion intermédiaire entre ces deux hypothèses opposées.

Quoi qu'il en soit de l'âge de leur formation, il est évident que les silex résultent de la concentration dans des points favorables (souvent autour de débris organiques, mais pas toujours) de la silice soluble, régulièrement distribuée dans les sédiments sous forme de spicules d'éponges, de carapaces de radiolaires ou de diatomées ; ces restes organiques sont normalement constitués par de l'opale et c'est à cet état qu'on les trouve dans les couches dépourvues de silex, alors qu'au contraire, ils sont transformés en calcite secondaire dans les couches renfermant des silex.

Il est nécessaire qu'une craie soit originellement riche en spicules siliceux, pour qu'il s'y produise des silex, mais la réciproque n'est pas toujours vraie.

Les silex sont d'ordinaire disposés suivant les plans de la stratification, mais souvent aussi on les voit remplir des fentes obliques ou normales à la schistosité ; ils épigénisent fréquemment des fossiles (oursins, spongiaires, etc.).

La formation des silex ne s'est pas toujours faite en un seul temps. M. Cayeux (*Mém. Soc. géol. Nord.* IV. 362. 1897) a décrit des silex de la craie à *Inoceramus labiatus* de la vallée du Cher (Fortaveau) formés de deux parties, l'une centrale à composition normale, l'autre extérieure jaune, constituée par une épigénie progressive de la craie ambiante par des produits siliceux.

Les silex sont parfois brisés et ressoudés par des cristaux de quartz [Snefontaine près Beauvais (*Oise*), etc.]. A Meudon, près Paris, leurs fentes sont quelquefois tapissées de cristaux de célestite provenant d'infiltrations *per descensum*.

Il ne me paraît pas utile de donner ici des listes de gisements de silex crétacés, je renvoie pour cela aux cartes géologiques. Mais je rappellerai que dans plusieurs régions françaises et notamment sur la bordure méridionale et occidentale du bassin de Paris (environs de Chartres, Châteaudun), le Berri, le Mâconnais, etc., on trouve, à la base de l'éocène, une formation désignée sous le nom d'*argile à silex*, dans laquelle, au milieu d'une argile plus ou moins siliceuse, abondent des silex et des fossiles silicifiés non roulés du crétacé. Je citerai en terminant quelques-uns des centres de l'ancienne industrie des pierres à fusil : *Loir-et-Cher* (Meusnes, Couffi), *Indre* (Lye), *Yonne* (Cérilly), *Seine-et-Oise* (Laroche-Guyon), etc., sans parler des très nombreux ateliers préhistoriques : Solutré (*Saône-et-Loire*), Grand-Pressigny

(*Indre-et-Loire*), Chelles (*Seine-et-Marne*), La Madeleine (*Dordogne*), etc., situés au voisinage de gisements en place de silex.

Les silex ne sont pas spéciaux aux terrains crétacés, on en retrouve dans les assises tertiaires, notamment dans le bassin de Paris, mais ils sont généralement moins quartzifiés [1] et souvent entièrement constitués encore par de l'opale (voir à *opale*).

Inversement, dans les terrains plus anciens, la quartzification est d'ordinaire plus complète et souvent totale, comme cela a lieu dans les silex jurassiques [2] (*chailles* du callovien de la Meuse et de la Nièvre par exemple), ou encore dans les silex noirs (phtanites) du calcaire carbonifère. Les silex jurassiques (oxfordiens) du Jura et notamment ceux de l'Abbaye de La Charité près Besançon (*Doubs*), renferment parfois à leur centre du soufre pulvérulent (altération de pyrites).

2° *Meulières.*

On donne dans le bassin de Paris le nom de *meulières* (quartz-meulière), à des roches exclusivement siliceuses, servant comme pierres de construction et utilisées à la fabrication des meules. Ce sont des roches caverneuses, criblées de cavités irrégulières, déchiquetées, comme carriées, séparées les unes des autres par des parois épaisses ou par des membranes extrêmement minces. Ces cavités, parfois tapissées de cristaux de quartz ou de mamelons de calcédoine, sont souvent en partie remplies par de l'argile.

Les meulières se trouvent à deux niveaux distincts de l'oligocène, dans le *sannoisien* (calcaire de Brie) : La Ferté-sous-Jouarre (fabriques de meules), Plateau de Brie, Champigny, Lagny, Melun (*Seine-et-Marne*) et dans l'*aquitanien* : (meulière de Montmorency, du niveau des calcaires de Beauce, Montmorency, Longjumeau (*Seine-et-Oise*), Meudon (*Seine*), etc.

1. Dans quelques gisements, cependant, la cristallinité de ces silex tertiaires est très grande : tel est le cas des plaquettes siliceuses de l'oligocène des environs d'Aurillac (*Cantal*) dont la surface est garnie de moules de *potamides*, entièrement transformés en calcédoine (calcédonite) blanche ou jaune, translucide.

2. Ces silex n'ont souvent pas un contact distinct avec le calcaire : ils sont fréquemment très calcaires, consistant en une sorte d'imprégnation siliceuse locale de la roche : ce type de silex qui existe aussi parfois dans la craie est ce que les géologues anglais appellent des *cherts*.

Les meulières résultent de la décalcification de calcaires siliceux lacustres ; elles s'observent uniquement là où ceux-ci, constituant des plateaux, ne sont pas protégés par des sédiments plus récents contre les actions atmosphériques. Elles forment des lits discontinus ou des rognons englobés dans une argile ferrugineuse. On trouve tous les intermédiaires entre la meulière parfaite et le calcaire siliceux. Quelques échantillons de ces meulières se présentent sous la forme de délicates membranes siliceuses offrant l'aspect de champignons (fig. 1).

Au Pré-Saint-Gervais (*Seine*) des meulières forment des tubes fistuleux, souvent ramifiés, hérissés d'aspérités et ressemblant extérieurement à certaines fulgurites.

L'examen microscopique fait voir que les meulières sont, en général, holocristallines et constituées par des grains de quartz, des fibres de calcédonite ou de quartzine, l'un ou l'autre de ces minéraux prédominant suivant les échantillons.

La meulière représentée par la fig. 1 possède en outre la particularité d'avoir ses cavités tapissées de cristaux microscopiques de quartz qui sont criblés de grains ou de cristaux de calcite : parfois ils sont assez nombreux pour offrir, au point de vue de la structure, l'inverse des cristaux pœcilitiques de calcite de Fontainebleau. L'analogie n'existe qu'au point de vue de la structure, car ici, les deux minéraux sont de cristallisation simultanée.

Fig. 1.
Meulière très légère isolée de l'argile qui la renfermait. La Ferté-sous-Jouarre. (*Photographie grandeur naturelle.*)

3° *Jaspes.*

Le nom de *jaspe* est donné à des roches siliceuses, compactes, douées d'une opacité complète, même en esquilles minces. Leur cassure est terne. Les jaspes sont constitués par le mélange de produits quartzeux (quartz, calcédonite, quartzine) à des oxydes de fer ou à des argiles qui le colorent d'une façon variée : en vert, jaune, brun, rouge (*jaspe sanguin*), noir (*lydienne*, *pierre de touche*), etc. Les colorations sont

uniformes (*jaspe uni*), ou disposées suivant des lits parallèles de teinte différente (*jaspe rubané*, *jaspe onyx*) ; certains jaspes sont panachés de couleurs variées, distribuées sans ordre (*jaspe fleuri*) ; d'autres sont mélangés à de l'agate (*jaspe agaté*).

Susceptibles d'un beau poli, les jaspes sont, comme les agates, employés pour la bijouterie et surtout pour l'ornementation quand ils se présentent en grandes masses.

Ils se trouvent dans les mêmes conditions que la calcédoine, soit dans les formations sédimentaires, soit sous forme de filons de concrétion dans lesquels ils sont souvent associés à du quartz cristallisé. Ils présentent fréquemment une structure bréchiforme (jaspe rouge de Saint-Gervais (*Haute-Savoie*), caillou de Rennes [1] (*Ille-et-Vilaine*), etc .

Beaucoup d'auteurs ont improprement désigné sous le nom de *jaspe* des variétés opaques d'opales, colorées en jaune et en rouge et se trouvant dans certains gisements métallifères ; tel est le cas des soi-disant jaspes manganésifères, associés à la psilomélane de la Dordogne (Nontron, etc.) et de la Charente. Dans tous les échantillons que j'ai examinés, il n'y existe qu'une proportion infime de produits siliceux cristallisés ; la plus grande partie de la roche est constituée par de l'opale. Ces roches ont du reste la cassure brillante et conchoïdale de l'opale et non la cassure terne du véritable jaspe ; ils sont en outre beaucoup moins durs. Il en est de même des soi-disant jaspes rouges de la Martinique.

Très différentes aussi des jaspes, sont les *thermantides* désignées par quelques géologues sous le nom de *jaspe porcelanique*. Elles possèdent une cassure conchoïde, à éclat parfois vitreux, et ont souvent une structure rubanée de couleurs vives (rouges, jaunes, noires) ; elles résultent de la cuisson et de la fusion partielle des roches argiloquartzeuses des formations houillères, sous l'influence des incendies souterrains (Commentry (*Allier*), Cransac (*Aveyron*), etc.) : elles ne présentent pas de produits cristallins néogènes. (Voir tome I *cordiérite*.)

Jaspes xyloïdes. Les anciens minéralogistes appelaient quartz

1. Le caillou de Rennes se rencontre en *blocs*, notamment dans les prairies de la Souche (Pavot. *B. S. M.* XXIII. 150. 1900). C'est un jaspe bréchiforme constitué par des fragments anguleux ou ovoïdes jaunes, reliés par un ciment rouge : dans d'autres échantillons les fragments sont rouges avec un ciment de même couleur mais plus foncé. C'est une jolie pierre d'ornementation, employée au XVIII[e] siècle pour faire de petits objets (tabatières, cachets, etc.)

xyloïde les épigénies de bois en produits siliceux. Celles-ci se rencontrent dans les sédiments d'âge les plus variés. Elles sont constituées parfois par de l'opale, mais le plus grand nombre d'entre elles et particulièrement celles des terrains anciens, sont formées par du quartz, des fibres de calcédonite, de quartzine, seuls ou associés. Leur structure minéralogique n'offre pas en général d'intérêt spécial.

Le très grand intérêt de ces bois silicifiés réside dans la conservation parfaite des plus délicats détails de leur structure histologique originelle, qui peut être étudiée aussi facilement que dans les végétaux vivants. La silicification n'a pas seulement conservé les tiges ; on trouve aussi des graines, des fruits, des inflorescences, etc., silicifiés et souvent englobés au milieu de rognons quartzeux.

Les travaux d'Adolphe Brongniard et ceux de M. Renault ont rendu célèbres à cet égard beaucoup de gisements français. Bien plus, M. Renault a montré récemment l'abondance, au milieu de ces produits silicifiés, de bacilles et de microcoques qui ont été interrompus dans leur travail de destruction de la matière organique et fixés par la silicification.

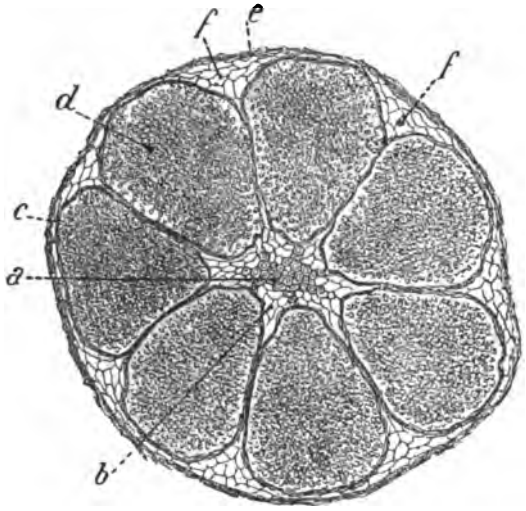


Fig. 1.
Lame mince d'une fructification silicifiée de fougère (*Ptychocarpus unita*) du houiller de Saint-Etienne (*Loire*). (*a*) axe vasculaire du pédicelle entouré par une gaine cellulaire (*b*), *d* spores remplissant un des 7 sporanges, (*f*) tissu cellulaire intercalaire, (*e*) enveloppe externe. (*Lumière naturelle : grossissement de 10 diamètres.*) [1]

Les bois fossiles renferment souvent des produits ferrugineux qui leur donnent de vives couleurs. Ils constituent alors de très belles matières d'ornementation. Ils sont parfois creux et tapissés de cristaux de quartz ou remplis par de la calcédoine (fig. 3).

1. Les fig. 1 à 3 m'ont été communiquées par M. Renault qui a antérieurement décrit les échantillons qu'elles représentent (*Et. gites minér. France*. Bassin houiller d'Autun et d'Épinac, IV, 1886).

Les localités de la France où se rencontrent des gisements de végétaux silicifiés sont assez nombreuses autour du Plateau Central ; les plus remarquables appartiennent aux terrains carbonifère (culm et houiller) et permien.

En s'éloignant du Plateau Central et des régions d'âge contemporain, on rencontre d'autres gisements remontant à des époques plus récentes et contenant des plantes qui se rapprochent de plus et plus par leurs caractères botaniques de celles qui vivent actuellement.

Fig. 2.
Tronc silicifié de *Sigillaria xylina*. B. R, du permien du Champ de Borgis, près Autun (*Saône-et-Loire.*) (*Photographie, grandeur naturelle.*)

Voici quelques-uns des plus importants gisements français, choisis parmi ceux d'âge varié.

a) Dans les assises paléozoïques.

Plateau Central. — *Loire.* Aux environs de Régny, se trouve un banc siliceux, épais de 30 à 40 centimètres, rencontré à Neaux, la Charbonnière, Charpenet, Combres, etc., sur une longueur de 7 km. Il est riche en lépidodendron, etc.

Près de Rive-de-Gier (la Péronière, la Faverge, Combe Rigol), on rencontre dans un poudingue d'une très grande dureté, des rognons siliceux, souvent roulés, contenant des racines, tiges, rameaux, feuilles,

fleurs et fruits de cordaïtes, des Sphenophyllum, des Pecopteris, des graines extrêmement variées et admirablement conservées.

Saône-et-Loire. Les gisements suivants des environs d'Autun sont bien connus grâce aux nombreux travaux de M. B. Renault.

a) culm. Le quartz forme des rognons non roulés, riches en Lépidodendrons, etc., dans un tuf trachytique (orthophyre); ces bois sont remplis de bacilles et de microcoques.

b) autunien. Des fragments de bois de cordaïtes sont très abondants.

c) Grande couche de schistes, la plus généralement exploitée, riche en cordaïtes et Psaronius.

d) La quatrième couche voisine du banc de boghead est la plus riche en végétaux fossiles (Sigillaires, Annularia, Arthropitus, Sphenophyllum, etc).

Fig. 3.
Tronc silicifié d'*Arthropitus bistriata Goep.* du permien du Champ des Espargeolles, près Autun (*S.-et-L.*), avec cavité centrale remplie en partie par du quartz grenu et en partie par de l'onyx (quartzine et calcédonite). (*Photographie : grossissement de 1,5 diamètre.*)

Les blocs de quartz fossilifères sont communs dans les environs de Montcenis, Charmoy; ils contiennent surtout des bois de cordaïtes.

Allier. Dans les environs de Commentry, on observe des fragments appartenant au culm et au terrain houiller; à Noyant, l'Étang des Messarges, Saint-Hilaire, etc., se trouvent des Arthropitus, des Medullosa, des Psaronius (autunien).

b) Dans les assises secondaires.

Trias.

Madagascar. — Les grès triasiques d'Ambalarano, sur la rive gauche du Manambaho (Ambongo) renferment des troncs d'arbres silicifiés qui, d'après M. Gautier, atteignent 20 mètres de longueur sur 1m. 50 de diamètre ils sont par suite comparables pour leurs dimensions aux célèbres bois fossiles de l'Arizona.

Crétacé.

Maine. — *Sarthe.* Des troncs d'arbres silicifiés de cycadées et de fougères se trouvent dans le cénomanien des environs du Mans.

Cévennes. — *Gard.* Il existe des bois silicifiés dans les couches sableuses du cénomanien et notamment à Amilhac en Fontarèche, à la Galerie du Bosquet (mines de lignite de Gaujac), à Rouziganet et Saint-Victor-des-Oules, à Roquevière en Saint-Laurent-le-Vernède.

Alpes. — *Vaucluse.* Des bois silicifiés se rencontrent dans les sables micacés de l'albien du Mont Ventoux et notamment à Bedouin.

c) Dans les assises tertiaires.

Eocène et oligocène.

Bassin de Paris. — *Seine-et-Oise*, *Aisne.* Les terrains éocènes et oligocènes sont également fort riches en bois silicifiés de plantes dicotylédones et monocotylédones (Palmiers, Dracœna, etc.). On peut citer dans les sables du Soissonnais, Vailly-sur-Aisne (*Aisne*) et aux environs de Paris, les localités de Buc, Longjumeau (*Seine-et-Oise*) qui contiennent de nombreux débris de conifères, de nymphéacées, d'ombellifères, etc. (calcaire de Brie).

Miocène.

Sologne. — *Loiret.* Dans les sables de la Sologne (burdigalien) de Fleury-aux-Choux et d'Ingré.

Pliocène.

Cévennes. — *Gard.* Saint-Laurent-des-Arbres doit son nom aux très nombreux troncs d'arbres silicifiés que l'on y rencontre dans les sables astiens, au ravin des Cosses, et près la ferme de Blazet et des Beaumes.

Plateau Central. — *Cantal.* De nombreux gisements sont à signaler dans la brèche andésitique : La Bastide dans la haute vallée de Fontanges, vallée du Falgoux, le Pas de la Mogudo près Vic-sur-Cère. La quartzification est souvent très incomplète ou nulle dans le bois fossile de ces gisements.

d) Dans des sédiments d'âge incertain.

Je n'ai pu recueillir de renseignements précis sur l'âge des riches gisements suivants.

Algérie et Tunisie. — Les bois silicifiés abondent à la surface du sol sur les hauts plateaux de l'Algérie et de la Tunisie, surtout entre Tebessa (*Constantine*) et la frontière tunisienne : ils appartiennent soit à l'étage de grès à dragées (néocomien, d'après Pomel), soit au pliocène (M. Blayac).

Antilles. — *Martinique. Guadeloupe.* Les bois silicifiés de la Savane des Salines (*Martinique*) et ceux de la *Guadeloupe* sont célèbres ; ils sont le plus souvent constitués par de l'opale, mais on y trouve aussi des échantillons quartzifiés (quartz et calcédonite) ; ils sont accompagnés d'opale jaspeuse rouge et de calcédoine [1].

PSEUDOCALCÉDONITE

J'ai donné le nom de pseudocalcédonite (*C. R.* CXXX. 430. 1900), à une substance fibreuse, sphérolitique, ayant la composition du quartz

Fig. 1.
Pseudocalcédonite du Val-de-Grâce (Paris). (*Photographie lumière polarisée parallèle : grossissement de 80 diamètres.*)

mais se différenciant essentiellement de ce minéral et des minéraux fibreux de sa famille, par le signe *négatif* de sa bissectrice, qui est parallèle à l'allongement de ses fibres. Celles-ci ont donc un allongement

1. Les alluvions d'un grand nombre de régions renferment du bois silicifié arraché à des formations plus anciennes, environs de Moulins (*Allier*) (bois tertiaires).

négatif comme celles de la calcédonite, mais leur biréfringence est constante sur toute l'étendue d'une fibre et leurs sections transversales permettent de voir en lumière convergente les hyperboles très rapprochées autour de la bissectrice (n_p). L'extinction des fibres est longitudinale.

Fig. 2.
Oolites calcaires de la Selle-Bruère près Saint-Amand (*Cher*) transformées en quartz grenu et en pseudocalcédonite. (*Photographie, lumière polarisée parallèle : grossissement de 80 diamètres.*)

La biréfringence est égale à la moitié de celle de la quartzine, $n_g - n_p = 0{,}0045$ environ ; elle permet facilement à elle seule de distinguer la pseudocalcédonite, quand elle est associée aux divers types fibreux de la famille du quartz.

La pseudocalcédonite, dont la position par rapport au quartz peut être comparée à celle de la cristobalite vis-à-vis de la tridymite, constitue des calcédoines par son mélange avec de l'opale; la densité de la plus pure de ces calcédoines (Paris, Val-de-Grâce) a été trouvée de 2,5 environ.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

J'ai trouvé la pseudocalcédonite dans toutes les catégories de gisement de calcédoine étudiées plus haut. Voici ceux où il est surtout facile de l'étudier.

Formations sédimentaires. Lutétien de Paris (Val-de-Grâce); elle y constitue des sphérolites (fig. 1) homogènes, groupés çà et là autour de rosettes de cristaux de quartz[1]. Jurassique de Port Bergé (*Madagascar*). La figure 2 est la reproduction de la photographie

1. La collection du Muséum possède un rognon de calcédoine presque entièrement constitué par de la pseudocalcédonite, associée à de la quartzine et à du quartz et renfermant une pseudomorphose siliceuse de gypse; il est indiqué comme provenant des environs d'Angers.

d'une oolite (bathonienne) silicifiée de la Selle Bruyère près Saint-Amand (*Cher*). Le milieu des oolites est transformé en quartz grenu qu'entoure une zone fibreuse de pseudocalcédonite.

Dans les opales jaunes accompagnant les minerais de manganèse de Nontron (*Dordogne*); dans une roche sédimentaire de Villars, près Chantrezac (*Charente*), etc.

Filons métallifères. Châtelaudren (*Côtes-du-Nord*), la Poype (*Isère*), concrétions, avec zones alternatives de pseudocalcédonite, et de calcédonite sans enroulement, etc.

Roches éruptives. Amygdaloïdes des basaltes.

GROUPE DE LA TRIDYMITE

TRIDYMITE

SiO^2.

Pseudohexagonale. Orthorhombique : $mm = 120°$ environ.

$b : h = 1000 : 826{,}555$. D $= 866{,}008$. $d = 500{,}032$.

[$a : b : c = 0{,}5774 : 1 : 0{,}9544$ (Mallard)].

Macles. Il existe d'une façon constante dans la tridymite des macles complexes suivant m (110) du type de l'aragonite, visibles seulement à l'aide des propriétés optiques (voir plus loin) et conduisant à la symétrie extérieure pseudo-hexagonale.

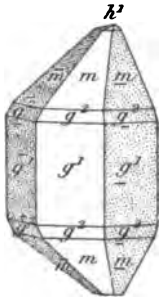


Fig. 1.
Macle suivant e^3 (013) constituée par trois cristaux.

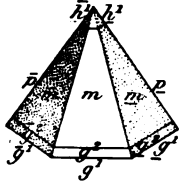


Fig. 2.
Projection sur h^1 (100) de la macle représentée par la fig. 1.

On trouve en outre très fréquemment des macles macroscopiques : 1° macle suivant e^3 (013), 2° macle suivant $e^{2/3}$ (032).

Ces macles ont lieu soit par accolement (fig. 1) soit par entrecroisement (fig. 4) ; elles donnent dans le dernier cas des assemblages ayant la forme de feuillets

d'un livre entr'ouvert et sont souvent associées dans le même échantillon et plusieurs fois répétées. C'est la fréquence des macles à trois individus qui a fait donner au minéral le nom de tridymite ; les figures 1, 2, 4 et 7 sont empruntées au mémoire de vom Rath [1] qui a décrit en grand détail ce minéral et ses groupements complexes (*Monatsb. Akad. Wissensch. Berlin*, 1874); les notations ont été seulement changées en conformité avec la forme primitive adoptée ici.

La fig. 1 est une macle de trois cristaux par accolement suivant e^3 (013). La fig. 2 en donne la projection suivant h^1 (100), alors que la fig. 7 est la projection d'une macle identique, formée de deux individus seulement. Des macles analogues se voient dans la photographie reproduite par la figure 6.

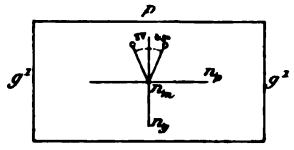


Fig. 3.
Plan des axes optiques parallèle à h^1 (100).

Quant à la figure 4, elle représente un groupement des deux types de macles, celles-ci sont produites par entrecroisement. Une grande lame presque parallèle au plan du papier supporte deux autres individus avec lesquels elle est maclée : macle suivant e^3 (013) avec le cristal de gauche et suivant $e^{2/3}$ (032) avec celui de droite.

Formes observées : p (001); m (110), g^1 (010), g^2 (130); $e^{1/2}$ (021) ; $b^{1/2}$ (111).

	Angles calculés.		Angles calculés.	
$m\,m$	120°	$p\,e^{1/2}$	117°39′	
$m\,g^1$	150°	$p\,b^{1/2}$	117°39′	
$m\,g^2$	169°6′30″	$p\,\bar{p}$	35°18′	(macle suivant e^3)
$p\,e^3$	162°21′	$p\,\bar{p}$	69°52′	(macle suivant $e^{4/3}$)
$p\,e^{2/3}$	124°56′			

Faciès. Dans la nature, la tridymite se trouve exclusivement sous forme de lames extrêmement minces, formées elles-mêmes par des lames plus petites imbriquées les unes sur les autres (fig. 5). Elles

1. Vom Rath a décrit la tridymite comme hexagonale avec $c = 1{,}65304$. Dans cette hypothèse, m (110) et g^1 (010) $= m$ (10$\bar{1}$0); g^2 (130) $=$ (45$\bar{9}$0); e^3 (013) $= b^6$ (10$\bar{1}$6) ; $e^{1/2}$ (021) et $b^{1/2}$ (111) $= b^1$ (10$\bar{1}\bar{1}$) ; $e^{2/3}$ (034) $= b^{4/3}$ (30$\bar{3}\bar{4}$).

La pseudocubicité de la tridymite est mise en évidence par la fréquence des groupements de 70°36′ (macle double suivant e^3), alors que l'angle des faces de l'octaèdre régulier est de 70°32′).

présentent le plus souvent les deux macles indiquées plus haut ; les individus qui les constituent sont parfois très nombreux et enchevêtrés d'une façon plus ou moins confuse, donnant ainsi naissance à des boules cristallines irrégulières ou à des rosettes.

Clivages. Clivages suivant m (110) à peine distincts ; plans de lamellisation suivant p (001).

Dureté. 7.

Densité. 2,28 à 2,33.

Coloration et éclat. Incolore, blanche, et quelquefois rosée (roc de Cuzeau). Éclat vitreux, nacré sur p (001). Transparente.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à h^1 (100). Bissectrice aiguë positive, n_g, perpendiculaire à p (001) (fig. 3).

$N = 1{,}4775$ $2E = 66°$. Le Capucin (Mallard), $2V = 43°$

$$n_g - n = 0{,}00185.$$

Ces propriétés optiques établies par Mallard (*B. S. M.* XIII. 168. 1890) sont parfois d'une étude difficile, à cause de la complexité des groupements, compliqués par des empilements de lames et par la très faible biréfringence du minéral ; aussi, la trace du plan des axes optiques qui, dans une lame normale, est perpendiculaire à l'arête d'intersection des macles macroscopiques (axe a) est-elle parfois à 60° de cette direction dans un sens ou dans l'autre, ou dans une position intermédiaire entre ces extrêmes.

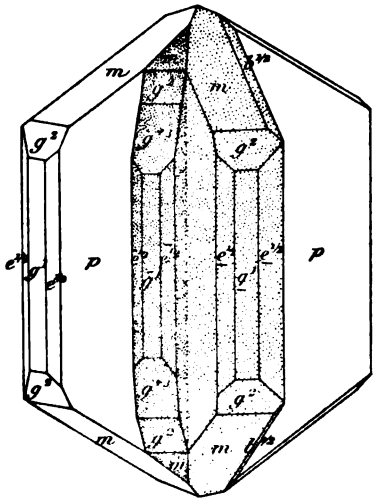


Fig. 4.
Lame de tridymite, maclée suivant $e^{2/3}$ (032) avec la lamelle pointillée à droite, et suivant e^3 (013) avec la lamelle pointillée à gauche.

Chauffée à 130°, la tridymite devient hexagonale (uniaxe) ; ce changement d'état est réversible.

Les propriétés optiques de la tridymite ont été étudiées en premier lieu par Max Schuster et von Lasaulx, qui considéraient le minéral comme triclinique.

L'identité entre la tridymite et *l'asmanite*, décrite par Maskelyne dans les météorites de Breitenbach et de Rittersgrün, paraît complète.

Maskelyne a bien indiqué que la bissectrice obtuse est négative et perpendiculaire à un clivage p, mais dans les échantillons d'asmanite de la météorite de Breitenbach que j'ai eu récemment l'occasion d'étudier, j'ai constaté que de petites lames de clivage sont perpendiculaires à n_g et qu'elles présentent les mêmes macles microscopiques que la tridymite, mais avec plus de régularité. Ces cristaux sont tout à fait identiques à ceux des briques réfractaires qui sont décrits plus loin.

Composition chimique. Comme le quartz.

Propriétés pyrognostiques. Soluble dans une solution de carbonate de sodium bouillante ; à part cela, comme le quartz.

Altérations. La tridymite se rencontre paramorphisée en quartz : celui-ci est souvent orienté de telle sorte que ses faces p $(10\bar{1}1)$ ou $e^{1/2}$ $(01\bar{1}1)$ sont parallèles à la face p (001) de la tridymite.

Diagnostic. — La tridymite peut être confondue avec la cristobalite qui l'accompagne parfois et possède la même composition ; ce minéral se présente sous forme d'octaèdres réguliers de même couleur paraissant au premier abord formés par de petites lames de tridymite, il est en réalité pseudocubique ; ses pseudooctaèdres réguliers sont formés par la réunion de trois pyramides quadratiques ayant respectivement pour base les trois faces du cube ; chaque pyramide est uniaxe et négative ; à 175° C., la cristobalite subit un changement d'état réversible qui la rend cubique (Mallard).

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La tridymite est formée exclusivement à haute température ; elle ne se rencontre que dans les conditions suivantes :

1° Dans les roches volcaniques et dans leurs enclaves ;

2° Dans les produits d'usine.

1° *Dans les roches volcaniques et dans leurs enclaves.*

La tridymite n'est guère connue que dans les roches volcaniques tertiaires ou postertiaires, ce qui s'explique aisément par la facilité avec laquelle elle s'altère et se transforme en quartz. Elle se rencontre dans la plupart des roches volcaniques acides françaises, ou dans leurs enclaves, mais on ne la trouve en cristaux macroscopiques que dans les quelques andésites et les trachytes qui seuls vont nous occuper ici.

Plateau central. — *Cantal.* La tridymite est abondante dans les fissures et les pores des trachytes, des andésites à biotite et à hornblende du Cantal, dans les cavités de corrosion de leurs enclaves quartzeuses, elle s'y rencontre rarement en gros cristaux ; je citerai cependant les carrières d'andésite des environs de Murat, sur la route d'Empalat, non loin du gisement de chabasie, et surtout les enclaves de gneiss, de granulites et de sanidinites des trachytes de Menet ; j'y ai trouvé de très jolies rosettes de tridymite souvent colorées en bleuâtre et associées à de petits cristaux de zircon, d'œgyrine, de sphène, de sanidine. Elle y est surtout abondante au voisinage des grains de quartz en partie résorbés.

Haute-Loire. La tridymite se rencontre dans les mêmes conditions dans les trachytes de la Haute-Loire ; je ne connais aucun gisement méritant une notion spéciale à cet égard.

La localité d'Alleret est citée dans les traités de minéralogie sur l'autorité de von Lasaulx comme fournissant des cristaux de tridymite engagés dans un trachyte ; il y a là une erreur de gisement, Alleret (en Saint-Privas Le Dragon) ne renferme pas de trachytes, mais un basalte qui ne contient pas de tridymite.

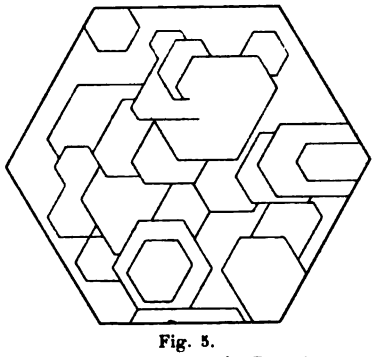


Fig. 5.
Lame de tridymite du Capucin.

Puy-de-Dôme. Les principaux gisements de tridymite du Plateau Central se trouvent dans la vallée du Mont-Dore. Ce minéral se rencontre dans les pores ou dans les fentes de tous les trachytes et andésites de cette région, mais il abonde surtout dans les cavités des enclaves de tout genre qui se trouvent dans ces roches, qu'elles soient du reste constituées par des roches volcaniques plus anciennes (voir à *hornblende*, *hypersthène*, *orthose*) ou au contraire par des blocs de granite ou de gneiss. Mais c'est surtout dans les cavités de résorption de ces dernières enclaves énallogènes que la tridymite est abondante et qu'elle se présente en lamelles de grandes dimensions, pouvant atteindre 5 mm. de diamètre.

Le trachyte du Capucin est à signaler d'une façon toute particulière à cet égard ; les gneiss à cordiérite enclavés ont subi des transformations

intenses que j'ai décrites en détail (*Les enclaves des roches volcaniques.* 1893) : elles consistent essentiellement dans la dissolution des lits quartzeux feldspathiques, alors que les lits riches en cordiérite, andalousite, grenat, ont persisté, maintenant la forme générale de l'enclave. Aux dépens des éléments résorbés, se sont formés des minéraux néogènes dont le volume est en général moindre que celui de la roche primitive ; il en résulte des cavités imparfaitement remplies par des agrégats miarolitiques de sanidine, de tridymite, d'hypersthène, d'hématite, de magnétite, etc., se présentant souvent en beaux cristaux

Fig. 6.
Lame mince d'une brique quartzeuse d'une verrerie, transformée en tridymite.
(*Photographie, lumière polarisée parallèle : grossissement de 80 diamètres.*)

quand les cavités sont de grande dimension. On voit ces minéraux enchevêtrés ou implantés sur les cadavres des éléments anciens.

La formation de tous ces minéraux néogènes est contemporaine : on voit nettement les rosettes de tridymite implantées sur les aiguilles d'hypersthène ou leur servant de support; il est possible d'isoler de ces géodes de belles lames hexagonales avec les deux macles caractéristiques de cette espèce minérale.

J'ai recueilli assez souvent dans le trachyte du Capucin des fragments de quartz de pegmatite très fendillés et imprégnés de tridymite en belles lames, c'est là un cas de véritable paramorphisme.

La tridymite se trouve plus rarement au Capucin sous forme de lames à disposition palmée assez singulière.

Dans les enclaves des roches volcaniques, la tridymite ne se trouve qu'exceptionnellement en cristaux dépassant 1 mm. ; il y a lieu de citer cependant des échantillons curieux provenant du roc de Cuzeau et que je dois à M. Gonnard. De petits groupes de tridymite sont extrêmement abondants dans les vacuoles d'un trachyte rouge ; ils possèdent eux-mêmes cette coloration. Il est difficile d'y distinguer la forme caractéristique du minéral, car ils sont globuleux, comme arrondis et souvent présentent quelque analogie de forme avec la cristobalite.

J'ai recueilli d'assez jolis cristaux de tridymite et de sanidine dans les lithophyses des rhyolites du ravin de Lusclade.

La tridymite, en lames généralement très petites, abonde dans les pores de la domite de la chaîne des Puys (Puy-de-Dôme, Sarcouy, Chopine, etc.) ; elle forme parfois une poussière blanche cristalline à la surface de l'hématite spéculaire du sommet du Puy-de-Dôme.

Enfin j'ai trouvé des lames de tridymite semblables à celles du Capucin dans les enclaves granitiques des trachytes de Fontenille.

Algérie. — *Oran.* L'andésite à hornblende de Lourmel renferme en abondance des lames de tridymite associées à de l'opale, elles se rencontrent dans la plupart des andésites de cette région. M. Gentil qui a découvert ce gisement (*B. S. M.* XIX. 25. 1896) a cité le même minéral dans les cavités d'une roche volcanique trouvée dans les ruines romaines de Vesoul-Benian (*Alger*).

2° *Dans les produits d'usine.*

La tridymite en fibres distinctes ou en masses concrétionnées, à structure zonaire et fibreuse, se trouve quelquefois en nids dans les fontes très siliceuses.

Elle résulte aussi parfois de la transformation du quartz de briques siliceuses demeurées longtemps dans les fours à recuire l'acier (forges du Saut du Tarn, etc.).

J'ai trouvé de même à la verrerie Appert, à Clichy, des briques enveloppant des creusets servant à la fusion du verre, entièrement transformées en tridymite.

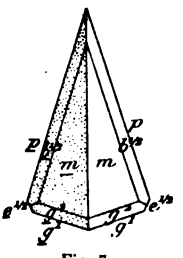


Fig. 7.
Projection sur $h^1(100)$ d'une macle binaire [suivant e^3 (013)] de tridymite.

La tridymite de ces briques ne se présente pas sous la forme de lamelles, mais sous celle de cristaux assez épais, offrant

du reste les mêmes macles macroscopiques que la tridymite naturelle. La fig. 6 est la reproduction d'une photographie d'une lame mince taillée dans l'une de ces briques. Grâce à l'existence d'un peu de verre, la forme des cristaux de tridymite est fort nette. On y voit plusieurs sections de macles suivant e^3 (013) en forme de cœur, coupées parallèlement à h^1 (100) c'est-à-dire dans la direction de la fig. 7. Çà et là, on trouve aussi des macles microscopiques identiques à celles de la tridymite naturelle, mais moins enchevêtrées. L'analogie d'aspect entre cette tridymite artificielle et l'asmanite des météorites sissydères est frappante.

J'ai observé (*Les enclaves des roches volcaniques*) cette même forme de tridymite dans des enclaves de quartz enveloppées par des roches trachytiques des îles Lipari.

LUSSATITE

Mallard a donné le nom de lussatite (*B. S. M.* XIII. 63. 1890) à une substance fibreuse, recouvrant la calcédoine et le quartz de quelques gisements. Ses fibres sont *positives*, avec extinction longitudinale. Sa biréfringence est extrêmement faible et ne m'a permis aucune constatation décisive en lumière convergente : l'indice moyen est voisin de celui de l'opale. La densité est de 2,04.

Ces fibres sont noyées dans de l'opale, facilement visible au microscope.

Chauffé, le minéral se comporte comme la calcédoine; il perd de 7 à 8,3 °/₀ d'eau sans que sa biréfringence diminue. Il y a des probabilités pour qu'il constitue une variété de silice anhydre.

A cause de sa densité, de sa réfringence et sa biréfringence faible, il me semble nécessaire de rapprocher la lussatite de la tridymite; mais par son mode de gisement, elle se rapproche du quartz et de la calcédoine qu'elle accompagne d'une façon constante.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Plateau Central. — *Puy-de-Dôme.* La lussatite se rencontre exclusivement en Auvergne dans les pépérites, à Pont-du-Château, Lussat, au Puy de la Poix, près Clermont, etc. (voir page 148). Elle

forme une croûte extérieure mince à la surface de cristaux de quartz, de gouttes de calcédoine, auxquels elle donne une teinte laiteuse et bleuâtre très caractéristique. L'*hélix Ramondi* pseudomorphisé en calcédoine, de la mine de Roys, représenté par la figure 4, page 148 est recouvert d'un semblable enduit de lussatite.

BROOKITE

TiO^2

Orthorhombique : $m\,m = 99°50'$ (Kokscharoff)[1].

$b : h = 1000 : 361{,}279$. $D = 765{,}109$. $d = 643{,}901$.
$[a : b : c = 0{,}8416 : 1 : 0{,}4772]$.

Formes observées. p (001) ; m (110), h^1 (100), h^3 (210), g^1 (010) ; a^2 (102), a^1 (101) ; $e^{3/8}$ (083), $e^{1/4}$ (041) ; $b^{1/2}$ (111) ; $v = (b^1\,b^{1/5}\,h^{1/3})$ (322), $a_5 = (b^1\,b^{1/5}\,h^1)$ (321), $e_3 = (b^1\,b^{1/3}\,g^1)$ (121), $\delta = e_{9/4} = (b^{1/4}\,b^{1/9}\,g^{1/4})$ (5.13.8), $e_2 = (b^1\,b^{1/2}\,g^1)$ (132).

Les mesures suivantes ont été prises par Marignac sur les cristaux de la Tête noire, et par moi-même sur les cristaux de Saint-Christophe-en-Oisans (Lx) et sur ceux de la Meije (Lx').

1. Les paramètres sont ceux adoptés par Des Cloizeaux (*op. cit.* II. 203) d'après les mesures de Kokscharoff, mais la hauteur est moitié moindre de celle qui a été adoptée par ce dernier savant et après lui par M. Dana. Par suite,

notre							
a^1	(101)	$= a^2$	(102) (Kokscharoff)				
a^2	(102)	$= a^4$	(104)	e_2	(132)	= (134) (Koksch.)	= ε (Dx)
$e^{1/2}$	(021)	$= e^1$	(011)	e_3	(121)	= (122)	= γ (Dx)
$e^{1/4}$	(041)	$= e^{1/2}$	(021)	$e_{9/4}$	(5.13.8)	= (5.13.16)	= δ (Dx)
$b^{1/2}$	(111)	$= b^1$	(112)	a_5	(321)	= (322)	= α (Dx)
$b^{1/4}$	(221)	$= b^{1/2}$	(111)				

D'après Schrauf la brookite serait monoclinique.

	Angles calculés.	mesurés.
*m m	99°50′	99°40′ à 52° M 53′ L′
m h^3	162°44′	162°41′ Lx′
m h^1	139°55	139°53′ Lx
h^3 h^1	157°11′	157°20′
h^3 h^3 sur h^1	134°22′	134°14′ M
m g^1	130°5′	
p a^2	164°20′	164°19′ Lx″
a^2 h^1	105°40′	105°35′ Lx′
a^2 a^2 s. p	148°40′	148°38′ Lx 43′, à 46′ M
p a^1	150°42′	150°37′ Lx
a^1 h^1	119°18′	
a^1 a^1 s. p	121°24′	121°20′ Lx
p $e^{3/8}$	128°27′	
$e^{3/8}$ g^1	141°33′	
$e^{3/8}$ $e^{3/8}$ s. p	76°54′	
p $e^{1/4}$	117°54′	118° Lx′, 2′ M
$e^{1/4}$ g^1	152°6′	
$e^{1/4}$ $e^{1/4}$ sur p	55°48′	
$e^{3/8}$ $e^{1/4}$	169°27′	169°30′ Lx
p $b^{1/2}$	143°45′	143°42′ Lx′ 144°0 ′M
$b^{1/2}$ m	126°15′	126°16′ Lx
p ν	147°14′	147°13′ Lx
ν ν sur p	114°38′	114°27′ Lx
p a_5	117°23′	
p h^5	90°	
p e_3	132°19′	123°21′Lx37 M
p δ	141°25′	
p e_2	142°42′	
h^1 a_5	140°45′	141° Lx′
h^1 e_3	112°11′30″	112°11′M
h^1 $e^{1/2}$	90°	
a_5 a_5 s. $e^{1/2}$	78°30′	78°21′ Lx′
a_5 e_3	151°27′	151°27′ Lx′
*e_3 e_3 s. $e^{1/2}$	135°37′	135°10′38″. M, 30′ Lx′
h^1 δ	104°6′	
δ δ coté	151°48′	151°21′ Lx
h^1 e_2	120°53′	
e_2 e_2 coté	154°14′	

	Angles calculés.	mesurés.
h^1 $b^{1/2}$	116°54′	
$b^{1/2}$ $b^{1/2}$ coté	126°12′	126°9′ M
h^1 ν	118°10′	
ν ν coté	123°40′	124° (Lx′)
g^1 a_5	115°45′	
a_5 a_5 avant	128°30′	
g^1 e_3	129°28′30″	129°27′ M
g^1 $b^{1/2}$	112°23′	112°24′ M
g^1 ν	105°21′	105°22′ M
g^1 a^1	90°	
e_3 $b^{1/2}$	162°54′	162°45′ Lx′
e_3 ν	155°53′	155°54′ Lx′
e_3 a^1	140°31′30″	140°33′ Lx′
*e_3 e_3 sur a^1	101°3′	101°6′ Lx′40′ M, 8′
$b^{1/2}$ a^1	157°37′	157°38′
$b^{1/2}$ $b^{1/2}$ s. a^1	135°14′	135°12′ M, 17′ Lx′
ν a^1	164°39′	164°30′ Lx′
ν ν s. a^1	149°18′	149°15′ Lx′
g^1 δ	125°2′	
δ δ avant	109°56′	
g^1 e_2	124°17′30″	
g^1 a^2	90°	
e_2 e_2 av.	111°25′	
m e_2 s. $e^{1/2}$	101°2′	
m $b^{1/2}$ s. $e^{1/2}$	84°12′	
m a_5 adj.	150°43′	
m a^1 adj.	111°59′	
m e_3 adj.	134°18′	
m δ adj.	123°47′	
e_3 δ adj.	169°30′	
δ a^1 post.	124°14′	
m e_2 adj.	122°15′	
m a^1 post.	68°1′	68° à 68°15′ M
e_3 a^1 post.	113°43′	
$e^{1/4}$ m adj.	145°21′	
$e^{3/8}$ m adj.	120°17′	
a^2 e_3 post.	123°7′	123°10′ à 30′ M
$e^{1/4}$ e_3 adj.	151°16′	151°20′ Lx

Faciès des cristaux. La brookite n'est connue qu'en cristaux dont les faciès sont très variés ; on observe les types suivants :

Type I. Cristaux lamellaires suivant h^1 (100) très minces, allongés suivant l'axe vertical et présentant en bordure les formes

e_2 (132), e_3 (121) (Oisans) (fig. 3). Quelquefois ces cristaux ont une forme rectangulaire par suite du grand développement de p (001).

Type II. Cristaux moins aplatis que les précédents, caractérisés par la prédominance des faces a_5 (321). (La Meije) (fig. 5).

Type III. Cristaux avec les faces prismatiques dominantes et $b^{1/2}$ (111), ils rappellent le rutile à cause de la valeur de $m\,m = 99°50'$.

Type IV. Cristaux ayant la forme de pseudopyramides hexagonales constituées par les faces m (110) et e_2 (132) également développées (*arkansite*).

Les deux premiers types existent seuls dans les gisements français.

Les faces de la zone verticale, et particulièrement h^1 (100), sont très striées parallèlement à l'axe c.

Clivages. Traces de clivage suivant m (110) et p (001). Cassure inégale.

Dureté. 5,5 à 6. Fragile.

Densité. 3,87 à 4,08.

Coloration et éclat. Brun doré, jaune rouge, brun rouge, noir de fer. Éclat métallique et adamantin. Poussière incolore ou gris jaune. Les variétés de couleur claire sont translucides, les variétés noires, sont opaques, sauf en lames très minces.

Propriétés optiques. La bissectrice aiguë n_g est perpendiculaire à h^1 (100). Les axes optiques sont parallèles à p (001) (fig. 1) pour le rouge et le jaune avec $\rho > v$, et parallèles à g^1 (010) (fig. 2) pour le vert et le bleu avec $\rho < v$; le minéral est uniaxe pour les rayons vert jaune [Tête noire et plages pâles des cristaux de l'Oisans]. Dans la plupart des cristaux de cette dernière région, le plan des axes est parallèle à p (001) pour toutes les couleurs du spectre.

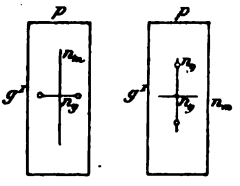


Fig. 1 et 2.
Plan des axes optiques parallèle à p (001) (rayons rouges et jaunes), (fig. 1), à g^1 (010) (rayons verts et bleus) (fig. 2).

Des Cloizeaux a montré, en outre, qu'après chauffage au-dessus du rouge, les axes ouverts parallèlement à g^1 se rapprochent et ceux ouverts parallèlement à p s'écartent.

Ce changement de propriétés optiques est réversible, mais devient permanent quand la température a été portée au rouge vif.

$2\,\mathbf{E} = 55°2'$ (Li) $30°16'$ (Na) $0°$ (jaune vert) $33°48'$ (Tl) (Dana)

$\mathbf{N} = 2{,}637 \quad \mathbf{n_g} - \mathbf{n_p} = 0{,}158$

Composition chimique et essais pyrognostiques. Comme le rutile.

Altérations. Des paramorphoses en rutile sont fréquentes dans l'arkansite, elles n'ont pas été observées dans les gisements cités plus loin.

Diagnostic. La forme est très caractéristique de la brookite, dont les propriétés optiques, et notamment l'énorme dispersion rendent le diagnostic facile.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La brookite ne se trouve que dans un petit nombre de gisements. Je la considérerai successivement :

1° Dans les fentes des roches éruptives et métamorphiques ;

2° Dans diverses roches comme produit secondaire [1].

1° *Dans les fentes des roches éruptives et métamorphiques.*

Alpes. — *Massif du Mont-Blanc. Haute-Savoie.* La brookite a été rencontrée en 1827 par F. Soret au-dessous de la Tête noire. Ses cristaux y sont implantés sur des cristaux de quartz hyalin ou enfumé, ou enveloppés par eux dans les renflements et les fissures d'un grand filon de quartz qui traverse les grès et les poudingues houillers.

Les nombreux échantillons que j'ai examinés se présentent tous sous forme de lames très minces, d'un brun doré ; ils ont les mêmes formes que dans le Dauphiné (fig. 3), c'est-à-dire h^1 (100), m (110), g^1 (010), p (001), $e^{1/4}$ (041), e_3 (121), e_2 (132).

La collection du Muséum possède avec l'indication « Tête noire », celle du Musée d'Annecy avec l'étiquette, « entre le col de Balme et le Trient », deux échantillons identiques constitués par un micaschiste recouvert d'un grand nombre de cristaux de brookite couchés à plat sur les surfaces de l'échantillon et généralement brisés ; leurs formes ne sont pas nettes bien qu'ils atteignent 0 m. 5 de plus grande dimension. Kenngott indique des cristaux de brookite de la Tête noire comme

1. Dufrénoy a inscrit parmi les synonymes de brookite le terme de *jurinite* (Soret) qui a été depuis lors reproduit dans la plupart des ouvrages de Minéralogie. Il m'a été impossible de trouver où a été employé pour la première fois ce nom qui n'a fait l'objet d'aucune publication de Soret. M. Ch. Soret, auquel je me suis adressé pour résoudre cette question d'histoire minéralogique, n'a pas été plus heureux.

accompagnés de quartz, d'albite et de micas dans les fentes des micaschistes, ils viennent probablement du même gisement que les deux échantillons dont il vient d'être question.

Isère. C'est sur des cristaux du Dauphiné et du Snowdon que Lévy a établi l'espèce brookite (*The Ann. of Philosophy.* IX. 140. 1825) ; le cristal du Dauphiné qu'il décrit est indiqué comme accompagnant des lames de crichtonite sans indication plus précise. La combinaison figurée est p (001), h^1 (100), m (110), $e^{1/4}$ (041), e_2 (132), e_3 (121) : c'est la plus commune, dans cette région : elle est fréquemment compliquée par l'existence de g^1 (010), (fig. 3), de a^2 (102) et de a^1 (101), qui font parfois disparaître p.

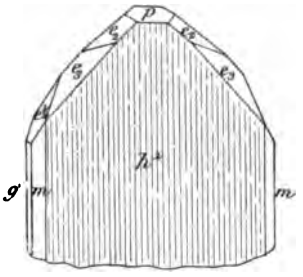


Fig. 3.
Forme commune de la brookite de l'Oisans.

La brookite de l'Oisans est généralement implantée sur des cristaux de quartz ou d'albite et accompagne l'anatase et la crichtonite dans les gisements de ces minéraux, situés aux environs du Bourg d'Oisans. Les gisements à citer d'une façon spéciale sont surtout les environs de Saint-Christophe (les Puys, la Combe de la Selle).

Les cristaux sont d'un brun foncé ou d'un jaune rouge quand ils sont très minces et très transparents : ils atteignent quelquefois de très grandes dimensions, l'un de ceux de la collection du Muséum mesure 5 centimètres suivant l'axe c, et 3 centimètres suivant l'axe b, il présente la combinaison : h^1, m, p, a^2 (très développé), $e^{1/4}$, $b^{1/2}$, e_3.

Je dois à l'obligeance de M. Guyot de Grandmaison un cristal sur lequel j'ai observé les formes suivantes : m, h^1, h^3, g^1, p, a^2, a^1, $e^{1/4}$ (041), $e^{3/8}$ (083), V = v (322), δ (5.13.8). La fig. 4 représente sa projection sur la base. Ce cristal épais mesure trois millimètres suivant l'axe vertical. La face p est très cannelée et présente en son milieu un sillon profond qui semble indiquer l'existence d'un accolement de deux cristaux parallèlement à h^1.

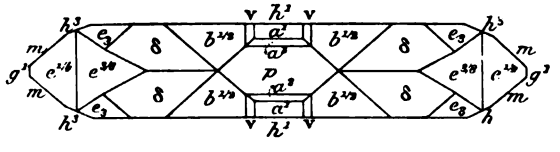


Fig. 4.
Projection sur la base d'un cristal de brookite de l'Oisans.

La collection du Muséum possède un échantillon consistant en un gros cristal de calcite qui provient des environs du Bourg d'Oisans et probablement d'Armentières; il supporte de jolies petites lamelles, de brookite d'un jaune vif, des cristaux d'anatase, de crichtonite et enfin des paillettes de ripidolite.

Hautes-Alpes. Dans les gisements du vallon de la Meije qui sont décrits page 184, se trouvent de très jolis cristaux de brookite dont j'ai déjà donné une première description (*C. R.* CXXII. 1429. 1896); ils diffèrent de tous les cristaux de brookite des autres gisements français par leur couleur noire de fer. Leur éclat est extrêmement vif, ils sont aplatis suivant h^1 (100), qui est très cannelée verticalement. Leur caractéristique (type II) réside dans le très grand développement des faces a_5 (321); j'ai en outre observé m (110), h^3 (210), a^2 (102), a^1 (101), $e^{1/4}$ (041), e_3 (121) et quelquefois p (001). D'ordinaire la face h^1 est presque carrée (fig. 5) par suite de l'égal développement des cristaux suivant b et c, et le minéral peut, au premier abord, être confondu avec l'anatase; ils sont souvent adhérents à leur gangue par une face prismatique, de telle sorte que leurs deux sommets sont distincts. Les cristaux sont rarement allongés suivant l'axe vertical; la fig. 6 représente un cas peu fréquent de grand développement des orthodomes a^1 et a^2 dans un cristal exceptionnellement allongé suivant l'axe vertical.

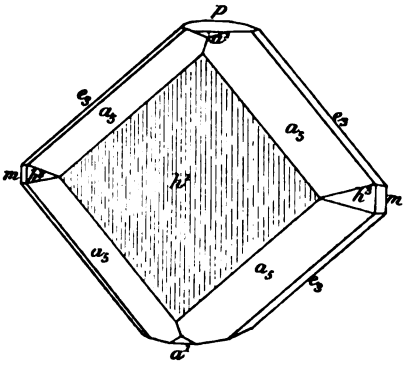


Fig. 5.
Brookite de la Meije (Type II).

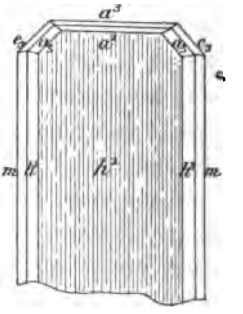


Fig. 6.
Brookite de la Meije.

Ces cristaux sont très souvent irrégulièrement enchevêtrés avec l'anatase qui a exactement la même couleur qu'eux. Ils sont parfois accompagnés de turnérite.

M. Denis m'a communiqué de petits cristaux provenant des rochers des gorges du torrent de la Meije et accompagnant l'anatase, l'albite et le quartz; ils sont translucides et ont la couleur brune des cristaux

du Dauphiné : ils sont rectangulaires par suite du large développement de la face p (001) : j'y ai observé les formes suivantes : h^1, h^3, m, g^1, p, a^2, $e^{1/4}$, a_5 et e_3 (type de la fig. 6.)

2° *Dans des roches diverses comme produit secondaire.*

La brookite est un produit secondaire assez fréquent se formant avec le rutile, l'anatase par la décomposition de la biotite et de la phlogopite des roches éruptives et métamorphiques. Elle se présente sous la forme de petites lamelles ayant la forme du type I (fig. 3) ; celles-ci se distinguent nettement du rutile par leurs caractères morphologiques et par la réfringence très faible de leur face d'aplatissement h^1 (100), à opposer à la biréfringence élevée des sections filiformes qui lui sont perpendiculaires ; les cristaux sont souvent de taille suffisante pour qu'il soit possible de les étudier en lumière convergente à l'aide d'un objectif à immersion.

J'ai notamment trouvé de bons exemples de ce genre de gisement dans les cipolins de Ville-ès-Martin (près Saint-Nazaire) et dans les norites des Corbellières en Vallet (*Loire-Inférieure*), dans les porphyrites micacées lamprophyriques de Cercié (*Rhône*), de Pranal près Pontgibaud (*Puy-de-Dôme*) (*B. S. M.* XIV. 191. 1891), dans une microgranulite de la route de Ribay à Javron (*Mayenne*) que m'a communiquée M. Œhlert. On verra, page 187, que les prétendues pseudomorphoses de sphène en brookite qui ont été décrites à Sainte-Marie-aux-Mines [*Alsace*] par Muller et que j'ai signalées p. 252, tome II, d'après cet auteur, sont en réalité des pseudomorphoses de sphène en anatase.

3° *Dans les roches sédimentaires.*

La brookite se rencontre en cristaux microscopiques très nets dans le résidu de la dissolution par un acide d'un grand nombre de calcaires ou de dolomies sédimentaires ; elle y accompagne le rutile, l'anatase, la staurotide, la tourmaline, le grenat et autres débris de roches anciennes. Il est possible que dans quelques cas cette brookite, dont les angles sont remarquablement nets, soit le résultat d'une recristallisation.

M. H. Thürach a notamment trouvé la brookite (*Ueber das Vorkommen mikrosk. Zircon und Titanmineralien.* Würzburg, 1884), dans les marnes aptiennes de Bellegarde (*Ain*), dans les calcaires grossiers

lutétiens de Vaugirard (Paris), dans les sables tertiaires de Figanières (*Var*). Ce minéral est du reste le moins fréquent des oxydes de titane.

M. Cayeux a trouvé également dans ces mêmes conditions la brookite dans les résidus de la craie du Nord et du tuffeau éocène (thanétien) à *Cyprina planata* de Mons-en-Barœul (*Mém. Soc. géol. du Nord*, IV. 1897).

ANATASE

$Ti\,O^2$

Quadratique.

$$b : h = 1000 : 1256{,}621\ (Dx)^1 \quad D = 707{,}107.$$
$$[a : c = 1{,}77713].$$

Formes observées : p (001); a^7 (107), a^5 (105), a^1 (101), $a^{1/2}$ (201), $a^{1/3}$ (301);

$b^{7/2}$ (117), $b^{5/2}$ (115), $b^{3/2}$ (113), $b^{5/4}$ (225), $b^{7/6}$ (337), b^1 (112), $b^{1/2}$ (111);

$s = (b^{1/4}\, b^{1/6}\, h^{1/19})$ (5.1.19), $\tau = (b^{1/4}\, b^{1/6}\, h^{1/20})$ (5.1.20), $\sigma = (b^{1/8}\, b^{1/14}\, h^{1/44})$ (11.3.44).

Les angles suivants ont été mesurés sur des cristaux de l'Oisans par M. Busz (B.), par M. Grünling (in Groth) (G.) ou par moi-même (Lx) sur des cristaux de l'Oisans ou des environs de la Grave (Lx).

	Angles calculés.	mesurés.		Angles calculés.	mesurés.
pa^7	165°45′		$^*a^2\, a^1$ sur h^1	121°16′	
$a^7\, a^7$ sur p	151°30′		$pa^{1/2}$	105°43′	
pa^5	160°26′		$a^{1/2}\, a^{1/2}$ sur h^1	148°34′	
$a^5\, a^5$ sur p	140°52′		$pa^{1/3}$	100°37′	
pa^1	119°22′		$a^{1/3}\, a^{1/3}$ sur h^1	158°45′	158°48′ G à 15′ Lx

1. J'ai adopté ici les paramètres de Des Cloizeaux, mais en diminuant de moitié l'axe vertical ; la forme devient alors la même que celle de M. Klein dans sa monographie de l'anatase : on a ainsi la correspondance suivante :

$b^{1/2}$ (111) = b^1 (112) Dx a^1 (101) = a^2 (102) Dx
$b^{3/2}$ (113) = b^3 (116) σ (11.3.44) = σ (11.3.88), etc.

	Angles calculés.	mesurés.		Angles calculés.	mesurés.
$pb^{7/2}$	160°15′	160°14′ G 15′ Lx	$b^{7/2}\ b^{7/2}$ adj.	152°22′	152°21′ G
$b^{7/2}\ b^{7/2}$ sur p	140°30′		$b^{7/2}\ a^7$	166°11′	
$pb^{5/2}$	153°19′	153°15′ Lx	$b^{5/2}\ b^{5/2}$ adj.	142°58′	
$b^{5/2}\ b^{5/2}$ sur p	126°38′		$b^{5/2}\ a^5$	161°29′	
$pb^{3/2}$	140° 3′		$b^{3/2}\ b^{3/2}$ adj.	125°59′	
$b^{3/2}\ b^{3/2}$ sur p	100° 6′		$b^{5/4}\ b^{5/4}$ adj.	119°50′	
$pb^{5/4}$	134°51′	134°48′ Lx	$b^{7/6}\ b^{7/6}$ adj.	117°36′	
$b^{5/4}\ b^{5/4}$ sur p	89°42′		$b^1\ b^1$ adj.	112°49′	
$pb^{7/6}$	132°54′		$b^{1/2}\ b^{1/2}$ adj.	97°51′	97°47′ Lx
$b^{7/6}\ b^{7/6}$	47° 6′		$b^{1/2}\ a^1$	138°55′30″	138°49′ Lx
pb^1	128°31′	128°27′ Lx	$b^{1/2}\ a^7$ adj.	121°20′	
$b^1\ b^1$	77°2′		$b^{1/2}\ a^{1/2}$ adj.	137°6′	
$pb^{1/2}$	111°42′		ss adj.	170°19′	170°20′ Lx
$b^{1/2}\ b^{1/2}$ sur p	43°24′		ss sur $b^{7/2}$	152°22′	152°18′ L x
$b^{7/2}\ b^{1/2}$	131°27′		ss sur p	129° 0′	
$b^{5/2}\ b^{1/2}$	138°23′		sa^7	168°10′	
$b^{3/2}\ b^{1/2}$	151°39′		sa^1	144° 9′	
$b^{5/4}\ b^{1/2}$	156°51′		$sb^{7/2}$	166° 4′	166°8′ Lx
$b^{7/6}b^{1/2}$	158°48′		$sb^{1/2}$	131°48′	131°46′ Lx
$b^1b^{1/2}$	163°11′		$b^{7/2}\ \sigma$	167°51′	167°51′ B
ps	154°30′		$b^{1/2}\ \sigma$	132°19′	132°8′ B
$p\tau$	155°37′	155°26′ G	σa^1	142°52′	142°42′ B
$a^7\ a^7$ adj.	159°58′		$\sigma\ a^{1/3}$	106°	106°14′ B
$a^5\ a^5$ adj.	152°36′		$\sigma\sigma$ sur b	156°3′	155°55′ B
$a^1\ a^1$ adj.	103°55′				
$a^{1/2}\ a^{1/2}$ adj.	94°12′				
$a^{1/3}\ a^{1/3}$ adj.	91°57′				

Formes des cristaux. L'anatase se présente toujours en cristaux : ils appartiennent à des types assez variés :

Type I. Ce type est caractérisé par la prédominance de l'octaèdre $b^{1/2}$ (111) dont l'acuité a fait donner au minéral son nom d'anatase, c'est le plus fréquent dans l'Oisans (fig. 1 à 8, dessinées par Schrauf).

Type II. Dans ce type, au contraire, ce sont les octaèdres, moins aigus que $b^{1/2}$ et plus ou moins obtus qui dominent et en particulier b^1, $b^{5/4}$ (fig. 12 et 13) ou $b^{7/2}$ (117), $b^{3/2}$ (113), etc.

Type III. Cristaux aplatis suivant la base, avec $b^{1/2}$ dominant

(fig. 10 et 11) : quand ils sont microscopiques, ils deviennent parfois lamelleux suivant p (001).

Type IV. Cristaux avec h^1 dominant et allongement suivant l'axe vertical comme dans le zircon, les formes dominantes du pointement sont soit aiguës, soit obtuses ; ce type, fréquent dans l'anatase de Binn, ne se rencontre pas dans les gisements français.

Dans tous les cristaux d'anatase, les octaèdres b^x dominent sur les octaèdres a^x.

Clivages. Clivages p (001) et $b^{1/2}$ (111) parfaits. Cassure conchoïdale.

Dureté. 5,5 à 6. Fragile.

Densité. 3,82 à 3,95 montant à 4.11 ou 4.16 après calcination.

Coloration. Bleu indigo, jaune, brun verdâtre, noire. La coloration est souvent très irrégulière dans les cristaux de l'Oisans. Cette irrégularité se montre à peu près constante dans les lames minces qui sont alors tachetées de jaune et de bleu. Éclat adamantin parfois métallique. Poussière incolore.

Propriétés optiques. Uniaxe, négative (n_p).

$$\begin{aligned} n_g &= 2{,}5354 \text{ Schrauf (D)} \\ n_p &= 2{,}4959 \\ n_g - n_p &= 0{,}0395 \end{aligned}$$

L'anatase n'est pas toujours uniaxe. On observe parfois, dans les lames parallèles à la base, des plages à deux axes peu écartés, dans lesquelles le plan des axes est parallèle à l'une ou l'autre des arêtes $p\ b^{1/2}$.

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est faible dans les plaques un peu épaisses ; on observe alors :

n_g = bleu pâle à jaune.
n_p = bleu foncé ou orange.

Composition chimique et essais pyrognostiques. Comme pour le rutile.

a) *Analyse de l'anatase de l'Oisans, par H. Rose.*

TiO	99,25
Fe^2O^3....	0,75
	100,00

Altérations. L'anatase se rencontre parfois paramorphisée en rutile.

Diagnostic. La forme de l'anatase est tout à fait caractéristique (types I à III) : ses propriétés optiques (un axe négatif) permettent aisément de la distinguer, dans les lames minces, du rutile et de la brookite.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

L'anatase se présente à peu près dans les mêmes gisements que la brookite qu'elle accompagne souvent.

1° Dans les fentes des roches éruptives et métamorphiques ;
2° Dans les filons métallifères ;
3° Dans diverses roches comme produit secondaire ;
4° Dans les roches sédimentaires.

1° *Dans les fentes des roches éruptives et métamorphiques.*

L'anatase accompagne l'albite et le quartz dans les fentes des schistes cristallins, des granulites, etc. (voir à *brookite*).

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées.* L'anatase a été signalée aux environs de Barèges. Romé de l'Isle dans sa description du *schorl bleu* de l'Oisans dit que ce minéral ressemble beaucoup aux cristaux que l'on trouve près de Barèges, avec le schorl blanc (albite) et l'asbeste (voir aussi Beudant, *Minér.* 637. 1824). J. de Charpentier n'a pas cependant cité ce minéral que je n'ai pas retrouvé moi-même, malgré mes recherches, et que je n'ai vu dans aucune collection.

Haute-Garonne. M. Gourdon m'a communiqué un échantillon de quartz hyalin provenant du Mail de cristal (prolongement du pic Crabère), sur lequel sont implantés de petits cristaux bleuâtres d'anatase du type commun en Oisans [$b^{1/2}$ (111)].

Ardennes. — [*Belgique*]. De petits cristaux d'anatase d'un noir bleuâtre ont été rencontrés dans un filon de quartz de Nil S^t Vincent ; ce sont des octaèdres $b^{1/2}$ (111), ne dépassant pas 1 millimètre ; ils présentent parfois d'après M. Césaro, les formes a^1 (101), $b^{7/6}$ (337), $b^{7/2}$ (117), a^7 (107).

Alpes. — *Haute-Savoie. Massif du mont Blanc.* L'anatase a été signalée à la Tête Noire, près Chamonix (voir à *brookite*) ; je n'ai pas vu de cristaux de cette localité.

Savoie. La collection d'Haüy renferme un petit échantillon provenant de Notre-Dame de Briançon, au N. N.-O. de Moutiers et offrant

une grande analogie avec ceux de l'Oisans; de très petits cristaux d'anatase ($b^{1/2}$), d'un bleu presque noir, sont implantés avec de la crichtonite, du quartz, sur une granulite à grains fins.

Isère. Les gisements d'anatase de l'Oisans sont intéressants, non

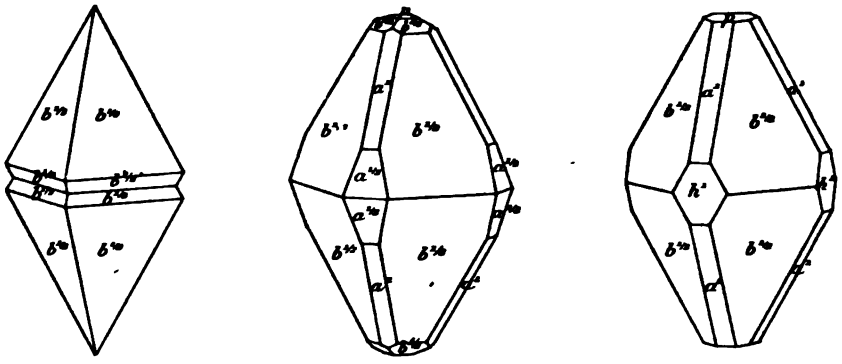


Fig. 1 à 3.
Anatase de l'Oisans (Type I).

seulement parce qu'ils fournissent en abondance ce minéral, mais encore parce que c'est là que l'anatase a été découverte en 1783, par de Bournon. Ce savant en fit mention pour la première fois dans une

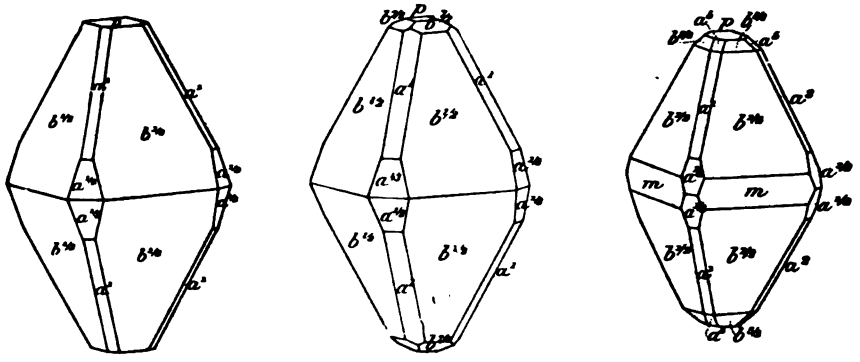


Fig. 4 à 6.
Anatase de l'Oisans (Type I).

note insérée par Romé de l'Isle, dans sa *Cristallographie* (II. 406); le cristal décrit sous le nom de *schorl bleu indigo* provenait de Maronne; peu après, de Bournon donna une description plus complète de cristaux bruns trouvés par Schreiber, près de Vaujany (*J. P.* XXX. 386. 1787)

(*schorl octaèdre rectangulaire*). Delamétherie [1] remplaça ce nom par celui d'*oisanite* (*Théorie de la terre*, II. 269. 1797). C'est Haüy qui lui donna le nom d'*anatase* qu'il porte aujourd'hui (*op. cit.*, III. 129. 1801).

Les gisements d'anatase se trouvent dans deux régions distinctes : la première est constituée par la partie cristallophyllienne de la chaîne des Grandes Rousses; elle est limitée au Sud et au Sud-Ouest par la Romanche, à l'Ouest par son affluent, l'Olle. Les principaux gisements à citer sont : la rive gauche du ruisseau du Flumet, près du hameau de la Villette en Vaujany (au Nord d'Allemont), le rocher du Grand Fer-

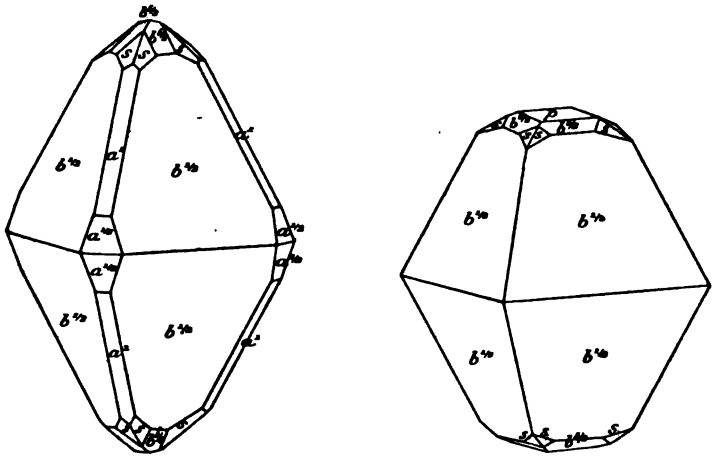


Fig. 7 et 8.
Anatase de l'Oisans (Type I).

rand, près le lac de la Fare où l'anatase se trouve avec quartz, albite, etc., dans les fentes d'une granulite, et enfin Maronne en Huez. Dans ce dernier gisement, les cristaux proviennent d'un grand filon de quartz exploité autrefois pour l'extraction du quartz hyalin ou enfumé [avec d'énormes cristaux de calcite et de sphène (spinthère)].

L'anatase accompagnée de brookite et de crichtonite est parfois implantée avec ripidolite sur des cristaux de calcite d'Armentières.

Ces gisements sont peu explorés aujourd'hui et ce ne sont pas eux qui fournissent les cristaux étudiés depuis cinquante ans. Ceux

1. H. B. de Saussure avait proposé en 1796 (*Voy. dans les Alpes*, Neuchatel, IV, 85) le nom d'*octaédrite* pour les cristaux provenant du Saint-Gothard.

qu'on explore particulièrement aujourd'hui sont en effet situés au Sud de la Romanche, entre le cours E. O. de cette rivière et son affluent le Vénéon. L'anatase s'y trouve surtout dans les fentes d'aplites à albite, plus rarement dans celles de schistes cristallins : elle y est accompagnée de cristaux d'albite (v. t. II, p. 150), d'adulaire, de quartz, de ripidolite, de calcite, de sphène, de crichtonite, plus rarement de brookite, de turnérite. Les localités à citer sont : les environs du Fresney d'Oisans, le glacier du M^t de Lans, la Tête de Toura et la Combe de la Selle (au-dessus du pont du diable) et surtout la montagne des Puys près Saint-Christophe en Oisans, le clapier Saint-Christophe sur le bord de la nouvelle route conduisant au Plan du lac.

J'insiste sur ce fait, déjà signalé par M. Groth (*Sitzb. königl. bayr. Akad.* 1885. 396), que les minéraux titanifères de cette région se trouvent dans des fentes distinctes de celles qui fournissent l'axinite, l'épidote, la prehnite ; il y a toutefois un certain nombre de minéraux communs à ces deux catégories de gisement (quartz, albite, adulaire, calcite, chlorite).

Les nombreux auteurs qui ont étudié l'anatase de l'Isère, ne se sont pas en général préoccupés du gisement exact de leurs cristaux, il semble cependant que ce soit ceux des environs de Saint-Christophe qui aient été mis à contribution.

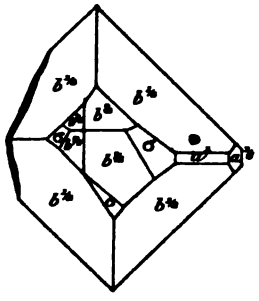


Fig. 9.
Projection sur la base d'un cristal d'anatase de l'Oisans.

L'anatase de l'Oisans présente au point de vue de la couleur d'extrêmes variations. Les types les plus fréquents sont jaunes, nuancés ou plutôt tachetés de brun, un même cristal ayant rarement une coloration homogène ; on trouve souvent aussi des cristaux d'un jaune de miel un peu rougeâtres, plus rarement d'un jaune d'or clair (avec quartz chlorité) ; les cristaux d'un bleu plus ou moins foncé, parfois presque noir, sont assez fréquents. Enfin la collection Haüy renferme deux échantillons de quartz hyalin de la Combe de la Selle, saupoudrés d'une grande quantité de très petits octaèdres d'anatase, absolument incolores ou légèrement teintés de bleu.

De même que les autres minéraux qui les accompagnent : quartz, albite, adulaire, calcite, etc., les cristaux d'anatase englobent parfois en grande abondance de petites lamelles de ripidolite ; ils sont plus rarement paramorphisés en rutile jaune d'or.

Les cristaux peuvent atteindre et dépasser 2 cm. suivant l'axe vertical ; ils sont souvent groupés en plus ou moins grand nombre à axes parallèles et enfilés suivant l'axe vertical (fig. 1). On rencontre parfois dans ces groupements des individus à formes différentes, les uns par exemple étant largement basés et les autres dépourvus de faces p (001).

Les cristaux de l'Isère ont comme caractéristique de présenter toujours l'octaèdre $b^{1/2}$ (111) comme forme dominante, et parfois exclusive. D'une façon presque générale, quand le sommet quaternaire de l'octaèdre est remplacé par des facettes nombreuses, celles-ci sont très irrégulièrement développées, souvent même quelques-unes d'entre elles manquent totalement, comme cela a lieu dans la fig. 9.

Les combinaisons les plus fréquentes sont $b^{1/2}$; $b^{1/2}p$ (type I et type

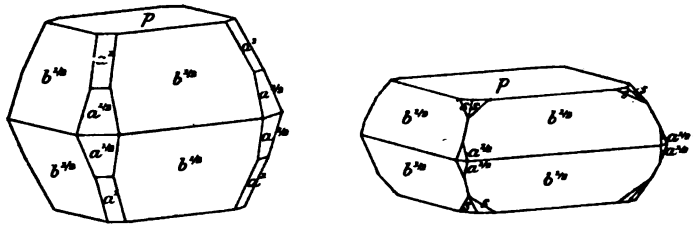


Fig. 10 et 11 (Type III).
Anatase de l'Oisans.

III) ; $b^{1/2}\,p\,a^{1/2}\,s$ (5.1.19) ; $b^{1/2}\,b^{7/2}$ (117) [ou $b^{5/2}$ (115)] $a^1\,p\,s$. M. Groth a signalé (*op. cit.* 400) à la montagne des Puys la combinaison (type I) $b^{1/2}\,p\,b^{7/2}\,\tau$ (5.1.20) et $a^{1/3}$ (301) qu'il considère comme caractéristique de ce gisement ; $b^{5/2}$ et τ ne constituent que de très petites facettes : un autre cristal est très aplati suivant la base (type III), avec $b^{7/2}$ et τ largement développées. Le prisme h^1 (100) est rare (fig. 3).

La fig. 6 représente une combinaison donné par Dana : elle montre l'octaèdre a^5 (105) que je n'ai pas personnellement observé.

La fig. 9 est la projection sur p d'un cristal décrit par M. Busz (*Z. K.* XX. 557. 1892) : $b^{1/2}$ (111), $b^{7/2}$ (117), $a^{1/3}$ (301), a^1 (101) et σ (11.3.44) ; le sommet est très dissymétrique.

Hautes-Alpes. Les gisements des environs de la Grave dont il va être question, se trouvent sur le prolongement de ceux énumérés en dernier lieu entre la Romanche et le Vénéon ; ils sont de découverte récente et n'ont fait l'objet d'aucune autre étude, qu'une note sommaire

que j'ai consacrée à l'un d'eux (*C. R.* CXXII. 1429. 1896) situé dans le massif de la Meije; mes premiers échantillons m'ont été procurés par MM. Stuer et Laurent, depuis lors, MM. de la Durandière et Denis m'ont fourni de nombreux renseignements sur leur gisement.

Le principal gisement se trouve dans le vallon de la Meije, sur le flanc du Peyrou d'Amont, faisant face à la moraine du glacier du Rateau. Les cristaux sont particulièrement abondants au voisinage d'une petite fontaine, ils tapissent les fentes d'une aplite à albite qui ne renferme que des cristaux d'albite et de quartz de très petite taille. Les cristaux d'anatase sont tantôt très abondants, tantôt très clairsemés. Leur couleur est noire; ils sont parfois accompagnés de beaux cristaux de turnérite et de brookite d'un type spécial (voir p. 174).

L'anatase et la brookite accompagnées de beaux cristaux d'albite et de quartz se trouvent aussi dans les escarpements des rochers des gorges du torrent de la Meije (massif du Peyrou d'Amont), dans les fentes des chloritoschistes des bords du lac de Puy Vachier et particulièrement dans les éboulis voisins des cascades.

Les octaèdres $b^{1/2}$ (111) sont relativement rares dans tous ces gisements; généralement, ce sont des octaèdres obtus qui dominent, type II, ils sont très striés horizontalement et donnent au goniomètre des séries nombreuses d'images; j'ai cependant observé [1] avec certitude $b^{7/2}$ (117), $b^{3/2}$ (113), $b^{5/4}$ (225), et avec doute $b^{7/4}$ (227), et $b^{5/4}$ (223); de petites facettes p sont fréquentes; ces cristaux ne sont que rarement tabulaires suivant p.

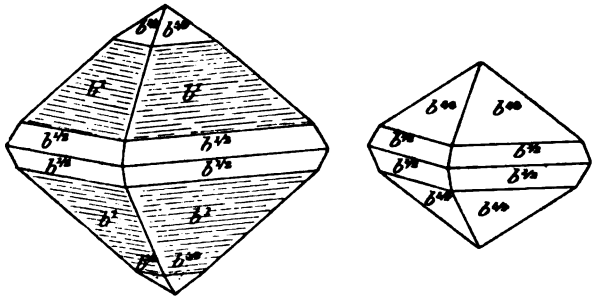


Fig. 12 et 13.
Anatase de la Meije (Type II).

Un nouveau gisement a été récemment découvert sur la rive gauche de la Romanche (torrent de la Plate Muratouse et du Mousset). Il fournit des cristaux tout à fait différents comme apparence de ceux des gisements précédents; ils sont en effet d'un jaune de miel, parfois très

1. Dans ma note précitée, l'orientation adoptée était celle de Des Cloizeaux.

clair, plus rarement d'un jaune orangé. Ils sont constitués par des octaèdres très striés, parmi lesquels dominent b^1 (112) (fig. 12), avec parfois $b^{7/2}$ (117), $b^{5/2}$ (115), $b^{5/4}$ (225). Quand $b^{1/2}$ existe, ses faces sont d'ordinaire très petites, mais fort brillantes. Quelques cristaux sont terminés par p. Ces cristaux qui ne dépassent guère 3 millimètres suivant l'axe vertical, sont parfois colorés en vert par des inclusions de ripidolite. On les trouve dans les fentes d'une granulite, implantés au milieu de petites masses de ripidolite lamellaire ou bien associés à des cristaux de quartz hyalin, d'albite, de calcite (d^2) jaune ambrée, à des aiguilles jaune d'or de rutile, etc.

Les fentes des chloritoschistes de la cascade des Fréaux renferment de très petits cristaux d'anatase d'un jaune d'or plus foncé que les précédents : ils accompagnent de gros cristaux de quartz hyalin. Leur petite taille ne m'a permis de les étudier complètement; j'y ai cependant observé des octaèdres très striés horizontalement $b^{7/2}$ (117), $b^{1/2}$(111), a^7 (107) et $a^{1/2}$ (201); ces diverses formes sont souvent très brillantes.

Enfin, M. de la Durandière m'a communiqué d'intéressants échantillons provenant des mines de galène du Grand Clot. Les déblais de l'ancienne exploitation contiennent des géodes que tapissent du quartz hyalin et de la calcite incolore ou jaune brunâtre: de la ripidolite se rencontre comme remplissage de cavités ou comme pigment de ces minéraux; il existe en outre de jolis cristaux de sphène, de la crichtonite lamellaire, de la galène et de l'anatase bleu sombre. Les cristaux de ce dernier minéral sont très petits, ils présentent des formes très variées $b^{1/2}$ ($b^{1/x}$, $a^{1/x}$) : plus rarement, ils appartiennent au type III par suite de la prédominance de la base. Ces cristaux sont quelquefois inclus dans une petite cavité au milieu d'un cristal de sphène comme s'ils s'étaient formés à ses dépens. Le quartz du filon renferme des cristaux nets de pyrite (p, $1/2\,b^2$).

2° *Dans les filons métallifères* [1].

Alpes. — *Hautes-Alpes.* On vient de voir que l'anatase se rencontre dans le filon de galène du Grand Clot; les associations minéra-

1. L'anatase a été signalée à Framont, par Carrière (*Ann. soc. émul. Vosges*, VII, 1850). Cet auteur parle d'échantillons présentés par Bertrand de Lom à un

logiques de ce gisement ne permettent guère de le séparer de ceux des autres gisements de la même région.

3° *Dans des roches diverses comme produit secondaire.*

L'anatase se rencontre comme produit secondaire dans un assez grand nombre de roches où elle se forme par altération de divers minéraux titanifères ; ses cristaux sont le plus souvent microscopiques.

a) *Formation aux dépens d'ilménite.*

Bretagne. — *Morbihan.* L'anatase accompagne parfois le rutile des gneiss des environs de Vannes (Anses de Conleau, de Salins). Von Lasaulx l'a signalée (*Z..K.* VIII. 54. 1883) sans pouvoir préciser les relations mutuelles des deux minéraux. J'ai pu résoudre cette question à l'aide de quelques échantillons que m'a remis M. de Limur.

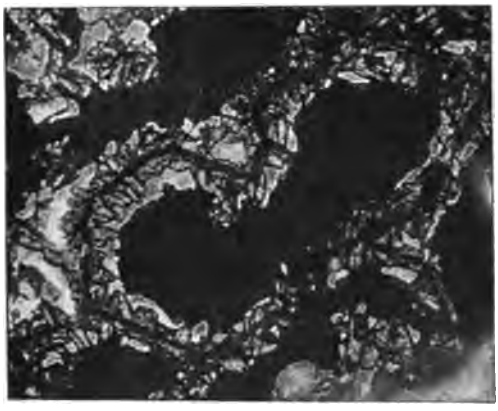


Fig. 14
Pseudomorphose de rutile en ilménite, transformée en anatase. Anse de Conleau (*Morbihan*). (*Photographie, lumière naturelle : grossissement de 10 diamètres.*)

Le rutile qui les constitue est recouvert d'une croûte de cristaux d'anatase fort brillants, mais extrêmement petits. Des lames minces taillées dans ces échantillons, montrent que l'anatase se présente en cristaux $p\ b^{1/2}$, aplatis suivant la base et implantés sans ordre dans les cavités de corrosion du rutile (fig. 14). Dans beaucoup

congrès scientifique de Strasbourg, en 1842, et dont il aurait vu un spécimen dans le musée de cette ville. M. Groth ne le cite pas dans la description de cette collection (1878). Ce spécimen consistait en une géode d'hématite cristallisée contenant un petit octaèdre aigu tronqué sur ses arêtes et de couleur brune. M. Kampmann a bien voulu me communiquer un échantillon répondant à cette description en m'autorisant à extraire l'un des deux cristaux qu'il renferme. L'angle de l'octaèdre voisin de 50° et l'hémiédrie du cristal ne laissent aucun doute sur sa nature, il est constitué non par de l'anatase, mais par de la scheelite, qui, dans ce gisement se trouve d'ordinaire sur une autre gangue (Voir à *scheelite*).

de préparations, on voit que le rutile est transformé en partie en ilménite et il est évident que c'est aux dépens de ce dernier minéral que s'est produite l'anatase. Nous ne nous trouvons donc pas en présence d'une paramorphose de rutile en anatase, ce qui serait du reste contraire à tout ce que l'on sait sur l'histoire de ces deux minéraux. Le rutile est en effet, dans les conditions naturelles, la forme la plus stable de l'oxyde TiO^2; on connaît des paramorphoses de brookite et d'anatase en rutile, alors que l'inverse n'a jamais été observé.

Le phénomène s'est donc effectué en deux temps; il y a eu d'abord transformation du rutile en ilménite par fixation de fer, puis transformation d'ilménite en anatase par disparition du fer.

b) *Formation aux dépens de sphène*[1].

Vosges. — *Alsace.* J'ai cité t. II, p. 252, des pseudomorphoses de sphène, provenant des cipolins de Sainte-Marie aux Mines, et décrites par A. Müller comme constituées par de la brookite; j'ai pu récemment, grâce à l'obligeance de M. Lesslin, étudier quelques-uns des échantillons recueillis par le père de celui-ci, qui avait fourni à Müller les éléments de son étude. Le minéral titanifère qui les constitue n'est pas de la brookite, mais de l'anatase.

Les cristaux de sphène que j'ai examinés sont englobés dans de la pseudophite, ils sont devenus ternes et tendres; l'un d'eux est en partie recouvert de lamelles d'un noir bleuâtre très éclatantes, appliquées sur ses faces extérieures. Çà et là, on observe la tranche de lames semblables, noyées au milieu d'une matière blanchâtre; elles sont implantées à peu près normalement aux faces du sphène. Dans un autre échantillon, les cristaux de sphène sont d'un gris bleu; leur cassure laisse voir de petits cristaux lamelleux d'un bleu de lavande pâle, distribués sans ordre.

Toutes ces pseudomorphoses sont extrêmement fragiles et tendres. Il suffit de les gratter avec une aiguille pour en détacher une poussière cristalline, en partie formée par des produits micacés et en partie par de petites lames d'un bleu foncé par transparence, ne donnant que les réactions du titane. Leur examen au microscope fait voir qu'elles sont quadratiques, aplaties suivant la base (exagération du

1. Voir p. 185 (Grand-Clot).

type III), dont les angles sont quelquefois tronqués par une petite facette, parallèlement à l'intersection de laquelle se trouvent de fines stries. Dans quelques cas, ces facettes prennent un large développement ; elles sont alors très striées; fréquemment, comme cela a lieu si souvent dans les cristaux d'anatase, une ou deux de ces facettes sont beaucoup plus développées que les autres, donnant ainsi aux cristaux un faciès dissymétrique. Ces faces striées correspondent certainement à plusieurs octaèdres, les uns extrêmement surbaissés, les autres au contraire, assez aigus ; il n'y a pas, du reste, possibilité de les mesurer. Enfin quelques-unes de ces lamelles portent l'indication de dioctaèdres.

A côté de ces cristaux lamelleux d'anatase, se rencontrent quelques cristaux très petits appartenant au type I. Ils sont colorés en jaune.

Au microscope, les lames couchées bien à plat sur *p* sont monoréfringentes ; elles permettent de voir en lumière convergente une croix noire (se disloquant un peu parfois) avec signe négatif.

Pyrénées. — *Haute-Garonne.* J'ai rencontré de nombreux cristaux microscopiques (type III) d'anatase dans les diorites d'Eup, près Saint-Béat : ils s'y trouvent à la surface ou au voisinage de cristaux de sphène, aux dépens desquels ils se sont produits.

c) *Formation aux dépens des micas.*

L'anatase se rencontre assez fréquemment comme produit secondaire *microscopique* formé dans les roches d'origine variée (granites, microgranites, gneiss, micaschistes, cipolins) aux dépens de la biotite.

Elle constitue alors de très petits cristaux gris ou bleuâtres, appartenant aux types I et III. Ceux-ci sont souvent associés à la brookite et au rutile. Leurs propriétés optiques sont surtout faciles à observer quand leur hôte a été entièrement chloritisé et qu'il est devenu presque monoréfringent dans les sections *p* (001), sur lesquelles ils sont d'ordinaire couchés.

Je citerai particulièrement à cet égard : le granite du glacier des Gourgs Blancs (*Hautes-Pyrénées*), les porphyrites micacées de Pranal près Pontgibaud (*Puy-de-Dôme*).

d) Formation d'origine incertaine.

Plateau Central. — *Puy-de-Dôme.* M. P. Gautier m'a remis un échantillon qu'il a recueilli à Avèze, non loin du gisement de bourno-

nite, décrit t. II, p. 704. Il consiste en un fragment du quartz laiteux qui constitue des amandes dans le gneiss de cette localité ; la paroi d'une fente d'environ 2^{cm} carrés est couverte d'un enduit cristallin jaune de miel foncé dont j'ai pu isoler quelques petites lamelles d'anatase, aplaties suivant la base (type III).

Le minéral originel aux dépens duquel s'est formée cette anatase a disparu, peut-être était-ce de l'ilménite?

4° *Dans les roches sédimentaires.*

L'anatase est un des minéraux lourds et durs qui se rencontrent dans le résidu ultime de la désagrégation des diverses roches constituant les gisements étudiés plus haut, mais il est particulièrement intéressant de retrouver ce minéral jusque dans des calcaires sédimentaires où il est mis en évidence par la dissolution de la calcite dans un acide.

M. Thürach (voir à *brookite*) l'a notamment signalé dans les dolomies triasiques de Sulzbad [*Alsace*], dans les marnes aptiennes de Bellegarde (*Ain*), dans les sables de Bracheux (*Oise*) et de Châlons-sur-Vesles (*Marne*), dans les sables tertiaires de Figanières (*Var*).

M. Cayeux l'a également trouvé (voir à *brookite*) dans la craie du Nord et du pays de Bray, dans celle (sénonien et turonien) du Sud-Ouest du bassin de Paris et enfin dans les tuffeaux éocènes. Les cristaux de tous ces gisements appartiennent aux types I et plus souvent II.

Les conclusions auxquelles conduit l'étude de ces minéraux ont été exposées à l'article *brookite*.

GROUPE DU RUTILE

Les minéraux qui constituent ce groupe sont quadratiques et isomorphes; ils présentent une remarquable analogie dans leurs formes dominantes et leurs macles : ceux dont les propriétés optiques sont

étudiables, sont très biréfringents, très réfringents et optiquement positifs. Ces minéraux sont les suivants :

Rutile..	TiO^2
Zircon	$(Zr,Si)O^2$
* *Thorite*.....	$(Th,Si)O^2$
Cassitérite.....	SnO^2
* *Plattnérite*	PbO^2
Polianite.....	MnO^2

La thorite et la plattnérite ne se trouvent dans aucun gisement français.

RUTILE

TiO^2

Quadratique.

$$b : h = 1000 : 455,486. \quad D = 707,107.$$
$$[a : c = 1 : 0,644154 \text{ (Miller)}]^1.$$

Formes observées : m (110), h^1 (100), h^3 (210), h^2 (310) ; $b^{1/2}$ (111) ; a^1 (101), $a^{1/3}$ (301).

Macles. 1° Macle suivant a^1 (101). Les axes verticaux des deux individus constituants font entre eux un angle de 114°26′.

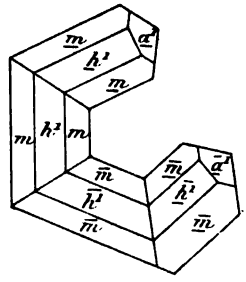


Fig. 1.
Rutile. Macle polysynthétique suivant a^1 (101).

Cette macle est la plus fréquente, à l'état macroscopique. Quand elle est constituée par deux individus elle constitue la *macle en genou*, semblable à la fig. 6 de la cassitérite (page 224) : elle est souvent formée par plusieurs individus et donne un groupement en couronne quand les faces a^1 de contact de ceux-ci sont toutes dans la même zone (fig. 1). Il existe aussi des groupements fermés de 6 ou 8 cristaux qui n'ont pas été trouvés dans les gisements français.

Cette macle se trouve aussi à l'état microscopique sous forme de

1. Des Cloizeaux a pris pour m (110) le prisme que je note ici h^1 (100), la hauteur restant la même ; par suite mon a^1 (101) = b^1 (112) (Dx), $a^{1/3}$ (301) = $b^{1/3}$ (332), $b^{1/2}$ (111) = a^1 (101) (Dx), etc.

bandes hémitropes qui, dans les sections basiques, servent de bissectrice aux clivages m (110).

2° Macle suivant $a^{1/3}$ (301). Cette macle, très rare à l'état macroscopique, donne naissance à un groupement en forme de cœur (fig. 2), dans lequel les axes verticaux des composants font entre eux des angles de 54°44′. Elle est au contraire très abondante à l'état microscopique.

3° Macle suivant $a^{2/9}$ (902). Cette macle est toujours polysynthétique et accompagnée de plans de séparation.

Les groupements réticulés de la variété *sagénite* sont dus à la combinaison de ces deux macles, maintes fois répétées. Ils diffèrent ainsi des groupements à 60° et 120° d'aiguilles groupées sur un minéral à symétrie ternaire (hématite) ou pseudo-ternaire (mica) qui a parfois disparu.

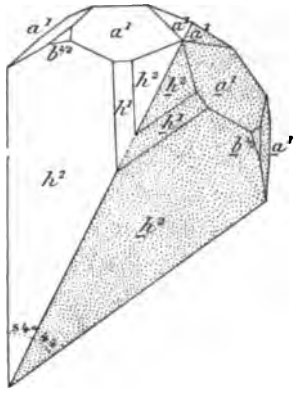


Fig. 2.
Rutile. Macle suivant $a^{1/3}$ (301).

	Angles calculés.
$m\ m$	90°
$m\ h^3$	161°34′
$m\ h^2$	153°26′
$m\ h^1$	135°
$h^3\ h^3$ sur h^1	126°52′
$h^1\ h^3$	153°26′
$h^2 h^2$ sur h^1	143° 8′
$h^1\ h^2$	161°34′
$a^1\ a^1$ sur p	114°26′
$a^1\ h^1$	122°47′
$a^1\ /3\ 1$	152°38′
$a^1\ a^{1/3}$	150° 9′
$b^{1/2}\ b^{1/2}$ sur p	95°20′
$b^{1/2}\ m$	132°20′

	Angles calculés.
$m\ a^1$	112°31′
$a^1\ a^1$ adj.	134°58′
$h^1\ b^{1/2}$	118°26′
$h^1\ a^1$ sur $b^{1/2}$	90°
$b^{1/2}\ a^1$ adj.	151°34′
$^*b^{1/2}\ b^{1/2}$ sur a^1	123°8′
$h^2\ b^{1/2}$ adj.	129°43′
$h^2\ a^1$ sur $b^{1/2}$	61°2′
macle suivant a^1	
$m\ \bar{m}$	134°58′
$h^1\ \bar{h}^1$	114°26′
$h^1\ \bar{a}^1$	171°39′
macle suivant $a^{1/3}$	
$h^1\ \bar{h}^1$	54°44′

Faciès des cristaux. Les cristaux de rutile sont toujours allongés suivant l'axe vertical ; parfois cet allongement est tellement considérable que le minéral devient filiforme (*sagénite*, *cheveux de Vénus*) : les faces de la zone verticale sont cannelées. Suivant les échantillons, c'est h^1 (100) ou m (110) qui domine, mais à l'inverse de ce qui a lieu

pour le zircon et la cassitérite, l'octaèdre a^1 (101) est d'ordinaire plus développé que $b^{1/2}$ (111) (fig. 5.)

Un allongement suivant une arête $b^{1/2}\,b^{1/2}$, semblable à celui du type IV de la cassitérite, a été rencontré dans les cristaux de rutile des Black Hills et de Saxe : je crois pouvoir rapporter à un semblable allongement les aiguilles de rutile incluses dans quelques grenats.

Clivages. Clivages faciles suivant h^1 (100) et suivant m (110), très difficiles suivant $b^{1/2}$ (111).

Plans de séparation suivant $a^{2/9}$ (902) ; c'est l'existence de ces plans de séparation, inégalement faciles dans des cristaux de la Caroline du Nord, qui avait fait penser à l'existence d'une nouvelle forme rhombique (*edisonite*) de TiO^2. J'ai observé sur un cristal de Saint-Yrieix des plans de séparation répétés, parallèles à a^1 (101), dont les traces sur un clivage h^1 se coupent suivant un angle de 147°13'.

Dureté. 6, à 6,5.

Densité. 4,18, 4,25 à 5,2 (variétés ferrifères).

Coloration et éclat. Rouge, brun rouge, jaune, blond doré (sagénite) bleuâtre, violet, rarement vert. Poussière brun pâle. Transparent en lames minces, le minéral est alors brun rouge, plus rarement bleu.

Éclat métallique adamantin.

Propriétés optiques. Uniaxe positif (n_g).

$$n_g = 2{,}9029 \text{ (Na) Bärwald}$$
$$n_p = 2{,}6158$$
$$n_g - n_p = 0{,}2871$$

Le rutile présente parfois des anomalies optiques consistant en lamelles maclées biaxes qui, dans les sections basiques, se montrent au milieu de plages uniaxes; leur plan des axes est parallèle aux faces m. En lumière convergente, on observe des images rappelant celles de la brookite, mais très dissymétriques (Vannes, Saint-Yrieix, etc.). Ces phénomènes ont été décrits par von Lasaulx qui les regardait comme dus à des lamelles maclées uniaxes inégalement inclinées sur la base. Mallard les a expliqués par des groupements de cristaux monocliniques.

Les aiguilles de rutile allongées suivant une arête $b^{1/2}\,b^{1/2}$ présentent dans leur zone d'allongement des extinctions obliques variant de 0° à 45° qui les ont fait récemment considérer par M. Holland comme constituées par un minéral triclinique.

Groupements réguliers avec d'autres minéraux. Groupements de

rutile et d'hématite. Ces groupements sont assez fréquents : le rutile est disposé sur les faces a^1 (0001) de l'hématite et de l'ilménite, de telle sorte que l'une de ses faces h^1 (100) coïncide avec la base de ce minéral : l'axe quaternaire est perpendiculaire à l'une des arêtes $a^1 p$ de l'hôte. Souvent il existe en outre, d'autres cristaux disposés à 60° des précédents, de telle sorte que leur axe quaternaire est perpendiculaire à une arête $a^1\ e^{1/2}$ (0001) $(01\bar{1}1)$ de l'hématite.

Dans ces groupements, une face a^1 du rutile est sensiblement parallèle à une face p de l'hématite. [$h^1\ a^1$ (rutile) = 122°47′, $a^1 p$ (hématite) = 122°30′], une autre face a^1 coïncidant avec une face $e^{1/2}$ de l'hématite : une face $b^{1/4}$ (221) du rutile coïncide à peu près avec une face e_3 $(22\bar{4}3)$ de l'hématite [$a^1\ b^{1/4}$ (rutile) = 118°46′, $a^1\ e_3$ (hématite) = 118°53′]. De ces analogies, depuis longtemps signalées par Vom Rath, Mallard et d'autres, M. Wallerant conclut que l'axe binaire du rutile, parallèle à l'axe ternaire de l'hématite, est en réalité un axe ternaire approché du réseau du rutile qui serait monoclinique.

Fig. 3.
Groupement régulier de rutile et d'hématite, implanté sur un cristal de quartz. (*Photographie un peu grossie.*)

Groupements de rutile et de micas. — Le rutile est fréquemment inclus en longues aiguilles dans les micas (surtout dans la phlogopite et la biotite) ; son origine est alors soit primaire, soit secondaire. Ces aiguilles sont régulièrement disposées parallèlement ou perpendiculairement aux faces m (110) et g^1 (010) de leur hôte et se coupent par suite suivant des angles de 60° et de 30°. C'est le même type de groupement qu'avec l'hématite.

L'existence de semblables aiguilles détermine le phénomène de l'astérisme que présentent parfois les micas ; la présence d'aiguilles de rutile dans certains grenats conduit au même phénomène.

Quant aux groupements plus ou moins réguliers de rutile et de brookite et d'anatase, ils constituent des paramorphoses de ces minéraux.

Composition chimique. La composition théorique est la suivante :

Ti =	60,0
O =	40,0
	100,0

Il existe toujours une petite quantité de fer ; les variétés contenant de 2 à 3 °/₀ de Fe^2O^3 sont noires et ont reçu le nom de *nigrine* ; celles qui en contiennent davantage, souvent plus de 10 °/₀, sont appelées *ilménorutile*, mais il est bien probable que dans un grand nombre de cas, le fer n'existe pas dans ces minéraux à l'état combiné, mais seulement sous forme d'ilménite à l'état de mélange physique (voir page suivante.)

Une variété verte chromifère a été signalée par Haüy. Le rutile de Saint-Yrieix renferme des traces de vanadium, de molybdène et d'étain.

Analyses du rutile.

a) de Gourdon (*Saône-et-Loire*) } par A. Salvetat (in Virlet
b) de Villeneuve (*id*) } *B.S.G.* III, 25.1846) ;
c) de Saint-Yrieix, par H. Rose, (*A.P.C.* XXX. 130).
d) de Saint-Yrieix, par M. Damour (in Dx., *op. cit.* II, 1986).

	a)	*b*)	*c*)	*d*)
TiO^2.....	97,96	98,47	98,47	97,60
Fe^2O^3...	1,96	0,72	1,53	1,55
Perte....	0,08	0,81	»	»
	100,00	100,00	100,00	99,15
Densité..	4,237	4,241	»	4,209

Essais pyrognostiques. Infusible. Le rutile se dissout dans le sel de phosphore, en donnant une perle incolore qui, chauffée au feu réducteur, devient violette en refroidissant. Si le minéral est ferrifère, la perle donne d'abord la couleur du fer et il faut ajouter un peu d'étain pour voir apparaître celle du titane. Le rutile fondu avec du carbonate de soude est dissous ; si l'on traite le produit de cette fusion par l'acide chlorhydrique, puis si l'on ajoute de l'étain à la dissolution très concentrée, on voit apparaître une coloration violette caractéristique du titane. Le produit de la fusion avec le carbonate de soude, placé dans une solution sulfurique de morphine, le colore en rouge cramoisi (voir à *ilménite*).

Insoluble dans les acides, même l'acide fluorhydrique (procédé d'extraction du rutile des roches où il existe à l'état microscopique).

Altérations. Malgré sa résistance aux actions chimiques des laboratoires, le rutile présente dans la nature d'assez fréquentes transformations secondaires.

Transformation en ilménite. — Cette transformation est une des plus fréquentes et me paraît constituer les variétés que l'on appelle *nigrine*, *ilménorutile*. La marche de la pseudomorphose peut être suivie facilement au microscope ; on voit l'ilménite, noire, opaque, se produire à la périphérie des cristaux de rutile, gagner de proche en proche le long des clivages et constituer dans l'intérieur du cristal lui-même de petites taches ou des lames qui sont translucides et brunes quand leur épaisseur est très faible (fig. 4).

Les analyses suivantes, publiées par von Lasaulx, ont été faites sur de semblables pseudomorphoses des environs de Vannes (*Z. K.* VIII. 51. 1883). Elles permettent de suivre le passage insensible entre le rutile et l'ilménite presque pure : *a*) représente la composition chimique du rutile pauvre en inclusions ferrugineuses ; *b*), celle du rutile déjà entouré d'une couronne périphérique d'ilménite ; *c*) celle d'un échantillon présentant à l'œil nu un aspect métallique très analogue à celui de l'ilménite, il n'est transformé que sur les bords ; *d*) celle de l'ilménite ne renfermant plus que quelques restes de rutile.

	a)	*b*)	*c*)	*d*)
TiO^2	97,22	89,76	76,10	55,38
FeO	2,83	6,23	17,35	36,31
Fe^2O^3		3,88	5,40	8,25
	100,05	99,87	98,85	99,94
Densité.....	4,173	4,278	54,63	4,69

A Vannes, l'ilménite s'altère à son tour en une masse jaune ocreuse que M. de Limur a désignée sous le nom d'*hydrorutile* et que von Lasaulx considère comme étant peut-être formée par du sphène (leucoxène) altéré et par suite comparable au *xanthitane*. Les échantillons que j'ai examinés sont souvent riches en anatase formée aux dépens de l'ilménite (voir à *anatase*).

Transformation en sphène. — L'examen microscopique de nombreuses roches et particulièrement des amphibolites et des gneiss amphiboliques montre qu'il existe de nombreux groupements de rutile

et de sphène (leucoxène), il est facile de voir qu'ils sont d'origine secondaire et l'on peut souvent même suivre les étapes successives de cette épigénie.

La transformation inverse s'observe aussi dans d'autres gisements où c'est le rutile qui se forme par voie secondaire aux dépens du sphène.

Diagnostic. La couleur rouge, l'éclat, la netteté des clivages quadratiques, joints à la haute densité, constituent les meilleurs caractères extérieurs distinctifs du rutile. Dans les lames minces, sa couleur jaune, son relief et sa biréfringence énergiques ne permettent de le confondre avec aucun autre minéral.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Les gisements de rutile sont nombreux et variés; ce minéral se trouve plus souvent encore comme élément microscopique des roches que comme produit cristallisé macroscopique. Je l'étudierai successivement :

1° Dans les roches éruptives.
2° Dans les schistes cristallins.
3° Dans les roches sédimentaires.
4° Dans les formations filoniennes.

1° *Dans les roches éruptives.*

a) *Comme élément normal.*

α) Dans les granites et les pegmatites.

Le rutile est peu abondant comme élément normal des roches éruptives ; il existe cependant, sous forme d'inclusions, dans le quartz de certains granites et de certaines pegmatites. Je l'ai observé en très petits cristaux dans la granulite à cordiérite englobée dans les brèches basaltiques des environs du Puy (Rocher Corneille) (*Haute-Loire*). Les cristaux présentent les formes $mh^1\ a^1\ b^{1/2}$.

Le même minéral se trouve dans la pegmatite de la grève de Kerlérous en Saint-Pol (*Finistère*).

6) Dans les ariégites.

Le rutile est abondant en fines aiguilles dans le pyrope des roches pyroxéniques qui forment des filons minces dans la lherzolite de Prades (Ariège) et de Moncaup (Haute-Garonne), que j'ai récemment décrites sous le nom d'*ariégites*. Les aiguilles ont une extinction oblique et me paraissent allongées suivant une arête $b^{1/2}$ $b^{1/2}$, comme les cristaux de cassitérite de la Loire-Inférieure.

J'ai pu m'assurer par une séparation à l'aide de l'acide fluorhydrique que ces cristaux sont bien constitués par du TiO^2 ; les diverses hypothèses (disthène, etc.) proposées pour expliquer l'obliquité des extinctions de ces inclusions aciculaires dans le grenat de diverses localités ne sont donc pas exactes : elles sont du reste incompatibles avec la haute réfringence et la forte biréfringence du minéral qui nous occupe.

b) *Comme élément secondaire.*

Le rutile est au contraire très abondant comme élément microscopique secondaire dans la plupart des roches éruptives; il s'y forme notamment par altération de la biotite. Il est distribué dans la face *p* (001) de ce minéral, en longues aiguilles souvent régulièrement disposées parallèlement ou perpendiculairement à ses faces *m* (110) et g^1 (010). Elles sont accompagnées fréquemment de brookite et d'anatase qui s'en distinguent bien par leurs formes nettes, leur défaut d'allongement aciculaire et par leurs propriétés optiques.

Il est impossible de citer de gisements, ils sont légion, surtout dans les roches riches en biotite [granites, syénites et diorites micacées, minettes, kersantites et toute la série des roches lamprophyriques (orthophyres et porphyrites micacées)].

Plus rarement, le rutile se produit dans les mêmes conditions au milieu de la hornblende des diorites [contacts endomorphes du granite du col de Liauzès, près Ax (*Ariège*)].

Enfin, il n'est pas rare, associé ou non au sphène (leucoxène), parmi les produits de décomposition de l'ilménite des roches basiques (gabbros, diabases notamment).

2° *Dans les schistes cristallins.*

Le rutile est extrêmement abondant dans les schistes cristallins et c'est au milieu d'eux que se trouvent les gisements français les plus importants. En outre des localités étudiées plus loin, dans lesquelles ce minéral se trouve en gros cristaux, l'étude microscopique fait voir l'extrême dissémination du rutile dans les gneiss, les gneiss amphiboliques, pyroxéniques, les amphibolites, les pyroxénites, les *éclogites* et les micaschistes.

C'est particulièrement dans les amphibolites que l'on trouve de beaux exemples de transformation de rutile en ilménite et en sphène (leucoxène); j'en ai décrit notamment de bons types dans les roches du Morbihan et du Finistère (*B. S. M.* XII. 133 et 140. 1889).

Bretagne. — *Morbihan.* Le golfe du Morbihan renferme, au voisinage de Vannes, de nombreux gisements de rutile (anses de Salins, de Sené, de Conleau), découverts par M. de Limur (*op. cit.*) qui a fourni à von Lasaulx les éléments d'un travail intéressant (*Z. K.* VIII. 51. 1883). Ces cristaux, dont les formes sont rarement nettes, sont engagés dans le gneiss et l'on observe tous les passages entre le rutile pur, à clivages faciles et l'ilménite; la forme quadratique des cristaux est parfois visible, ainsi que les macles en genou ou les macles polysynthétiques.

Fig. 4.
Rutile se transformant en ilménite qui constitue le fond noir de la figure (anse de Conleau (*Morbihan*). Lame mince, parallèle à *p* (001). (*Photographie, lumière naturelle, grossissement de 20 diamètres.*)

La transformation du rutile en ilménite s'effectue par la périphérie, le cristal devient alors noir de fer et c'est en le brisant que l'on observe un noyau rouge, intact, quand toutefois la transformation n'a pas été totale. L'examen microscopique d'une lame mince, perpendiculaire à l'axe vertical du cristal de rutile (fig. 4) montre comment l'ilménite gagne de proche en proche

en suivant les clivages h^1 (100), de préférence aux clivages m (110); tantôt elle s'observe dans le rutile à l'état opaque, tantôt elle y forme des lamelles brunes translucides (voir les analyses page 195).

Les micaschistes et les amphibolites de l'île de Groix sont très riches en rutile; les beaux échantillons sont particulièrement abondants sur le flanc Ouest du ravin de Locmaria, vis-à-vis du gisement d'ilménite décrit plus loin. Le rutile s'y rencontre sous forme de grands cristaux noirs ou d'un rouge noirâtre, très allongés suivant l'axe vertical, souvent groupés en grand nombre à axes parallèles ou d'une façon très irrégulière. Ils sont très fréquemment ployés, contournés, brisés et ressoudés; leurs faces (m, h^1, $b^{1/2}$, a^1) sont généralement peu brillantes et arrondies; le rutile se trouve aussi en très gros cristaux rouges, engagés dans du quartz filonien.

Loire-Inférieure. Le rutile est particulièrement abondant dans les éclogites dont il est un des éléments constitutifs : il y présente parfois les macles microscopiques suivant $a^{1/3}$ (301) [Fay] etc. On l'y trouve en cristaux atteignant plus d'un centimètre et présentant souvent des faces planes et brillantes; ce sont les mêmes formes qu'à l'île de Groix (fig. 5). De beaux cristaux se rencontrent fréquemment aussi dans les veines quartzeuses qui traversent les éclogites; les gisements à citer sont la Gagnerie-du-Brignan en Bouvron, le Cellier, Saint-Philbert de Grandlieu.

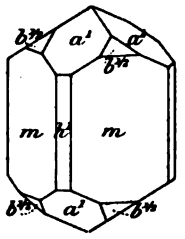


Fig. 5.
Rutile, forme commune.
(Groix, Arignac, Bournac, Lys, etc.)

Je n'ai pu savoir exactement où se trouve un gisement de rutile cité par Haüy (*op. cit.*, IV. 303. 1801) à Pont James ou les Noyers (Poitou) : peut-être s'agit-il de Pont James en Saint Colombin où il existe des éclogites, ou des Noyers en Saint-Paul en Pareds (*Vendée*), ce qui s'accorderait mieux avec l'indication Poitou : dans ce cas, ce minéral proviendrait des micaschistes.

Pyrénées. — *Ariège.* J'ai recueilli de jolis cristaux de rutile à formes nettes, $m\,h^1\,b^{1/2}\,a^1$ dans les bancs silicatés des cipolins d'Arignac (fig. 5); ce minéral est accompagné de humite, spinelle, pargasite, phlogopite, etc.; les cristaux ne dépassent pas 3 millimètres suivant l'axe vertical.

Plateau Central. — *Haute-Loire.* Le rutile en aiguilles très petites, mais à faces brillantes est fréquent dans les gneiss et les granulites que l'on trouve en blocs dans les tufs basaltiques ; il est particulièrement abondant dans les leptynites grenatifères à diaspore de Bournac (fig. 5).

Puy-de-Dôme. Le rutile a été rencontré dans les gneiss à la côte d'Anchal près Pontgibaud et à Saugère en Servant ; il s'y trouve à l'état épars dans les terres labourées.

Haute-Vienne. Le rutile des environs de Saint-Yrieix-la-Perche est connu de longue date ; on le trouve dans cette région gneissique en cristaux épars dans les champs et les ruisseaux ; il est recherché pour l'industrie des produits chimiques. Les gisements précis se trouvent à Marsac et au Pont-Rompu, près Coussac-Bonneval et à Lacaux de Glandon. Ce n'est que rarement que l'on trouve le rutile adhérent au gneiss ou à du quartz. Le Muséum possède un échantillon dans lequel un fragment de cristal de rutile est englobé dans un mélange de quartz et de grosses baguettes de sillimanite.

Le rutile du Limousin est rouge foncé, parfois noir ; ses clivages sont souvent d'une très grande netteté ; sa composition a été donnée plus haut. J'ai passé en revue près de 150 kg. de fragments de rutile de cette région, j'y ai trouvé quelques cristaux à formes nettes m (110), h^1 (100), $b^{1/2}$ (111), a^1 (101), simples ou maclés suivant a^1. Ces macles sont généralement répétées et souvent un groupe de trois ou quatre individus est accolé sur un cristal plus gros qui possède l'orientation de l'un des éléments de la macle (fig. 6 à gauche). La fig. 6 (à droite) est la reproduction de l'unique macle en cœur suivant $a^{1/3}$ (301) macroscopique que j'ai rencontrée en France. Toutes ces macles n'ont que rarement des faces distinctes, il est probable que dans la zone verticale leurs faces arrondies, non mesurables, correspondent à h^2 (310).

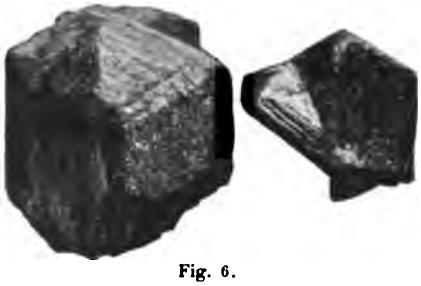


Fig. 6.
Rutile de Saint-Yrieix (*Haute-Vienne*). Macle suivant a^1 (101) à gauche, macle en cœur suivant $a^{1/3}$ (301). (*Photographie grandeur naturelle.*)

Le rutile abonde dans les gneiss, les leptynites d'autres parties du Limousin et notamment à la Grolière près Saint-Yrieix-sous-Aixe,

à Aixe-sur-Vienne, à Ferrussac près Saint-Léonard, etc. (Barret, *Géol. du Limousin*, 1821).

Saône-et-Loire. Le rutile existe en grande quantité dans la bande de gneiss passant par Gourdon et Villeneuve-en-Montagne ; ce gisement a été décrit par Virlet d'Aoust (*B. S. G.* III. 425. 1845) ; les localités les plus riches se trouvent à Gourdon, au Nord de l'église, au Champ Dubos près le hameau de Montbretange, ainsi qu'à Villeneuve. Les échantillons que j'ai recueillis à Gourdon sont les plus gros cristaux de rutile que j'ai observés en France ; ils atteignent 4^{cm} de plus grande dimension ; ce sont des prismes m (110), h^1 (100), avec $b^{1/2}$ (111) ; la macle en genou n'est pas rare (type de la fig. 6). Les cristaux ont des clivages prismatiques dont la couleur est d'un rouge magnifique et il est facile d'en isoler des lames translucides.

De même qu'à Saint-Yrieix, les cristaux ne se voient pas en place, ils gisent épars dans les terres labourées où l'on peut les recueillir après des pluies. Les faces des cristaux sont raboteuses, entourées de paillettes de biotite ; souvent le minéral se trouve enveloppé par du quartz.

Le rutile de Gourdon est assez abondant pour avoir été recherché pour l'industrie chimique.

3° *Dans les roches sédimentaires.*

Je réunis ici tous les gisements dans lesquels le rutile se rencontre au milieu des roches sédimentaires normales ou transformées au contact de roches éruptives ou par métamorphisme général ou dynamique ; l'anhydride titanique existant dans toutes les argiles, il est naturel de rencontrer du rutile sous forme cristalline dans les schistes résultant de la transformation de roches argileuses.

a) *Dans les roches sédimentaires métamorphiques.*

α) En l'absence de roches éruptives.

Le rutile est un élément microscopique presque constant des schistes argileux, des phyllades (schistes ardoisiers) (Ardennes, Anjou, etc.), des schistes micacés paléozoïques, des schistes lustrés des Alpes, etc. Il s'y présente souvent sous forme d'aiguilles capillaires extrêmement fines, mais parfois aussi leurs formes sont distinctes et se rapportent aux types habituels. Les cristaux maclés, d'ordinaire raccourcis suivant l'axe vertical, sont extrêmement fréquents et la macle en cœur

qui est si rare à l'état macroscopique est au contraire extrêmement répandue sous la forme microscopique : elle se présente alors avec une netteté de forme tout à fait schématique (fig. 2). Les phyllades des Ardennes, les schistes lustrés des Alpes (notamment ceux du Mont-Cenis) peuvent être cités d'une façon toute particulière à cet égard.

Le rutile des phyllades peut être aisément isolé par traitement à l'acide fluorhydrique de la roche finement pulvérisée ; il reste comme dernier résidu.

Le rutile se rencontre parfois dans les calcaires intercalés dans des phyllades. Le gisement suivant doit être particulièrement cité à cet égard.

Alpes. — *Savoie.* J'ai trouvé de jolis cristaux de rutile dans les calcaires à albite de Modane (voir tome II, p. 163) ; ils y sont peu abondants et il est rare de les rencontrer dans la roche, bien qu'ils atteignent souvent plusieurs millimètres suivant l'axe vertical. Ayant traité par l'acide chlorhydrique une centaine de kilogrammes de ces calcaires, j'ai pu extraire du résidu insoluble quelques grammes de cristaux de rutile ; j'ai en outre trouvé quelques jolis cristaux implantés sur ceux d'albite ou de quartz. Dans quelques cristaux d'albite, la proportion du rutile est telle qu'il les colore en noir.

Fig. 7.
Rutile réticulé (*Photographie grossie de moitié*).

Ces cristaux de rutile sont extrêmement brillants, très allongés suivant l'axe vertical, ils présentent la forme reproduite par la fig. 5, avec très fréquentes macles suivant a^1 (101) ; celles-ci se produisent souvent par enchevêtrement réticulé d'un grand nombre d'individus (type de la fig. 7, mais avec groupements à claire-voie).

De petits cristaux nets de sphène sont parfois embrochés par le rutile.

β) Au contact de roches éruptives.

Le rutile se trouve dans beaucoup de schistes métamorphisés par les roches éruptives et notamment par le granite, mais je ne l'y connais que comme élément microscopique. Il n'en est pas toujours de même

dans les calcaires modifiés par les ophites et les lherzolites des Pyrénées, car dans le gisement suivant j'en ai observé de jolis cristaux macroscopiques. Dans les autres gisements analogues de la même région (voir à *dipyre*), le rutile se trouve assez souvent en petits cristaux dans le résultat de la dissolution de ces calcaires par un acide.

Pyrénées. — *Basses-Pyrénées.* Les beaux échantillons de tourmaline brun foncé, trouvés dans le gypse de Lys au voisinage des ophites (voir t. I, p. 105) sont accompagnés de fort jolis cristaux de rutile que l'on voit engagés dans le gypse laminaire dont il est facile de les séparer par dissolution aqueuse. Ces cristaux de rutile ont des faces très éclatantes ; un peu allongés suivant l'axe vertical, ils présentent les formes m (110), h^3 (210), h^1 (100), $b^{1/2}$ (111), a^1 (101) et probablement d'autres octaèdres que la petite taille des cristaux (ils dépassent rarement un millimètre de plus grande dimension) ne permet pas de mesurer. Ils appartiennent au type de la figure 5, mais avec grand allongement suivant l'axe vertical. Les macles suivant a^1 (101) sont fréquentes ; l'un des deux individus composants est généralement plus petit que l'autre ; ces macles sont souvent réticulées.

Haute-Garonne. De jolis cristaux de rutile se rencontrent dans les calcaires de Saint-Béat métamorphisés par l'ophite : ils sont engagés dans des masses vertes, constituées par de la fuchsite, de l'apatite, de la tourmaline associées à de la fluorine violette.

b) *Dans les calcaires sédimentaires et les alluvions.*

Le rutile en petites aiguilles ou en cristaux se trouve avec anatase dans le résidu du traitement par un acide des calcaires d'un assez grand nombre des régions indiquées, p. 175, à l'occasion de la brookite.

Enfin le rutile est fréquent dans les sables provenant de la désagrégation de tous les genres de gisements étudiés plus haut et s'y concentre avec les éléments les plus denses et les plus durs.

4° *Dans les formations filoniennes.*

a) *Dans les filons métallifères.*

Plateau Central. — *Saône-et-Loire.* M. Bréon a signalé le rutile en petit cristaux microscopiques dans le résidu du traitement par les

liqueurs denses du quartz des filons de pyrite oxydée de Chizeuil près Bourbon-Lancy (*B. S. G.* VIII. 291. 1880).

Alpes. — *Savoie.* Aux environs de Moutiers en Tarentaise, se trouve un très curieux gisement de rutile découvert par Héricard de Thury (*J. M.* XV. 401. 1803) et fournissant encore de très intéressants échantillons. Le rutile se rencontre dans un filon mince (0m, 40) et dans de petits filons secondaires de moindre importance qui, au voisinage d'une masse de gypse, traversent les schistes argilotalqueux de Salins (rive gauche du Doron), au-dessous du hameau de Laschaux (l'Echaud de la carte d'État Major).

Le remplissage du filon est constitué par du quartz, de la calcite et de la sidérite ; le rutile en aiguilles jaunes d'or plus ou moins foncé, à éclat métallique extrêmement vif, est enveloppé par ces trois minéraux, mais surtout par la calcite. Il se trouve en outre en buissons de petites aiguilles dans les cavités naturelles du filon et dans celles d'origine secondaire produites par la transformation de la sidérite en limonite. Quand le quartz se présente en cristaux transparents à faces brillantes, on voit à travers celles-ci des aiguilles dorées de rutile, formant un très bel effet. La calcite englobe souvent de très larges lames d'hématite dans lesquelles ou sur lesquelles s'observent en abondance des aiguilles de rutile. Il est fort probable que les agrégats réticulés, analogues à celui que représente la fig. 17 et que l'on trouve parfois dans ce gisement, doivent leur orientation originelle à de l'hématite postérieurement disparue.

Par la couleur de son rutile et les conditions de sa formation, le filon de Laschaux occupe une place à part parmi les gisements de rutile.

b) *Dans les filons quartzeux et dans les remplissages incomplets des fentes.*

Le rutile n'est pas rare dans plusieurs des gisements de quartz hyalin décrits page 65, soit qu'il constitue de longues aiguilles dans le quartz lui-même, soit qu'il se trouve avec anatase, brookite, etc., en cristaux nets, recouvrant les parois des fentes de roches diverses. Cette catégorie de gisement qui fournit de si beaux cristaux dans le Valais est cependant moins bien représentée dans nos Alpes françaises.

Bretagne. — *Finistère.* De petits cristaux de rutile se trouvent à la surface des lames d'ilménite des filonnets quartzeux qui traversent

les schistes primaires de Locquirec. Ils sont, comme dans les cristaux du Valais, disposés régulièrement dans la face a^1 (0001) de l'ilménite, de telle sorte que leur axe quaternaire coïncide avec un des axes binaires de leur hôte (fig. 3).

Alpes. — *Massif du Mont-Blanc. Savoie.* Les fentes des schistes cristallins du massif du Mont-Blanc renferment quelquefois d'assez beaux cristaux de rutile, tantôt engagés dans du quartz et tantôt isolés dans des géodes de ce minéral; ils rappellent alors par leur forme ceux de la vallée de Binn (fig. 5). Ils sont d'un brun rouge, très cannelés verticalement dans la zone prismatique, dont les faces sont rarement nettes; les cristaux sont terminés par les faces a^1 (101) et $b^{1/2}$ (111); les macles par accolement ou par entrecroisement suivant a^1, les groupements réticulés (fig. 7) ne sont pas rares.

Le même minéral se rencontre aussi en fines aiguilles d'un blond doré dans le quartz hyalin et notamment au glacier des Bois.

Isère et Hautes-Alpes. Le rutile en fines aiguilles a été depuis longtemps indiqué en inclusions dans le quartz du Dauphiné et notamment aux alentours d'Huez et du glacier du mont de Lans.

On trouve aussi ce minéral en aiguilles entrecroisées (sagénite), intimement associées aux cristaux d'anatase de la région de Saint-Christophe. Il y est relativement peu commun. D'assez jolis échantillons analogues, d'un jaune d'or, se trouvent depuis peu de temps avec anatase sur les bords du torrent de la Plate Muratouse (rive gauche de la Romanche non loin de la Grave, *Hautes-Alpes*).

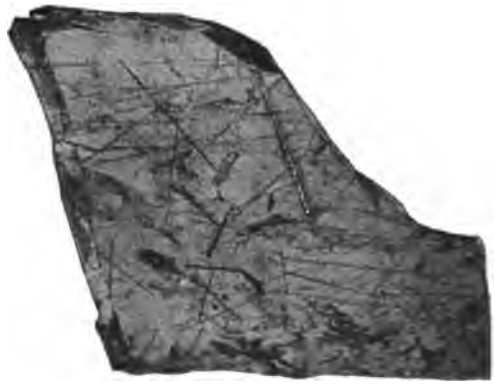


Fig. 8.
Quartz de Madagascar avec aiguilles de rutile. (*Cheveux de Vénus*). (*Photographie réduite de moitié environ.*)

Madagascar. — Le quartz hyalin de Madagascar est parfois extrêmement riche en aiguilles de rutile rouge ou blond doré qui peuvent atteindre jusqu'à un décimètre de longueur suivant l'axe vertical, avec une fraction seulement de millimètre de diamètre; assez souvent cependant

ces cristaux sont plus épais, ils ont alors une belle teinte rouge et il est possible de définir leurs faces de la zone verticale (*m* et h^1).

Quand ces aiguilles sont très longues, très fines et entrecroisées, elles présentent dans les échantillons polis un enchevêtrement inextricable d'une belle couleur blond doré, qui en font des échantillons recherchés dans les collections (*Cheveux de Vénus*).

C'est probablement de ce même genre de gisement que provient un échantillon de rutile isolé que possède la collection du Muséum ; il est constitué par le groupement à axes parallèles d'un grand nombre d'aiguilles d'un beau rouge et mesurant environ 2 cm. suivant l'axe vertical.

Aucun des échantillons de quartz hyalin à inclusions de rutile venant de Madagascar que j'ai étudiés ne portait d'indication précise de gisement.

Nouvelle-Calédonie. — De gros cristaux très cannelés de rutile, atteignant la grosseur du doigt, se trouvent engagés dans du quartz laiteux à Galarino. Le même minéral existe aussi, mais en moins gros cristaux dans les amandes quartzeuses des micaschistes d'autres gisements de la pointe N.-O de l'île, ainsi que dans les micaschistes eux-mêmes (vallée du Diahot, etc.). Ces cristaux offrent les formes communes (fig. 5) et la macle suivant a^1 ; ils sont parfois remarquablement tordus en S.

ZIRCON

$(Zr, Si)\,O^2$.

Quadratique.

$$b : h = 1000 : 452{,}7935\,^1 \quad D = 707{,}107.$$
$$[a : c = 1 : 0{,}640347\ (Dx)].$$

Formes observées. *m* (110), h^1 (100) ; a^1 (101) ; $b^{1/2}$ (111), $b^{1/6}$ (331) ; $a_3 = (b^{1/2}\, b^{1/4}\, h^1)$ (311), $z = (b^{1/4}\, b^{1/6}\, h^1)$ (511).

1. J'ai adopté une hauteur moitié de celle choisie par Des Cloizeaux, afin de mettre en évidence l'isomorphisme du zircon et des autres espèces du groupe. Par suite $b^{1/2} = b^1$ (Dx) ; $b^{1/6} = b^{1/3}$ (Dx), a_3 (311) = a_2 (312) (Dx), z (511) = z (512), etc.

Macles. La macle suivant a^1 (101) si fréquente dans la cassitérite et le rutile est rare dans le zircon et n'a pas été observée dans les gisements français.

Les mesures suivantes ont été prises sur des cristaux d'Espaly (Lx), et du Tonkin (Lx′).

	Angles calculés.	Angles mesurés.
mm	90°	
mh^1	135°	
a^1h^1	122°38′	122°35′ Lx′
$a^1\ a^1$ s. p	114°44′	
$b^{1/2}\ b^{1/2}$ s. p	95°40′	95°41′ Lx′
$b^{1/2}\ m$	132°10′	132°15′
$b^{1/6}\ b^{1/6}$	40°24′	
$b^{1/6}\ b^{1/2}$	152°22′	152°20′ Lx
$b^{1/6}\ m$	159°48′	
$h^1\ z$	159°39′	159°40′ Lx′
$h^1\ a_3$ adj.	148°19′	148°15′ Lx′
$h^1\ b^{1/2}$	118°20′	118°19′ Lx′
$h^1\ a^1$	90°	
$b^{1/2}\ a_3$	151°40′	151°35′ Lx′
$b^{1/2}\ b^{1/2}$ s. a^1	123°20′	123°22′ Lx′
$b^{1/6}\ b^{1/6}$ adj.	96°51′	
zz s. h^1	158°23′	
$a_3\ a_3$ s. h^1	147°3′	
$b^{1/6}\ a_3$ adj.	154°54′	
zz s. m	115°56′	
$z\ b^{1/6}$	147°58′	
$a_3\ a_3$ s. m	132°43′	
mz adj.	142°43′	
ma_3 adj.	143°19′	

Faciès. Le zircon est toujours cristallisé. Ses cristaux appartiennent aux trois types suivants :

Types I et II. Ces types sont caractérisés par l'allongement des cristaux suivant l'axe vertical ; l'un des prismes h^1 (100) (type I, fig. 2 et 3) ou m (110) (type II, fig. 12) domine, il est souvent associé à de petites faces m (110). Les cristaux sont toujours terminés par $b^{1/2}$ (111) dont les faces présentent souvent un développement très dissymétrique (fig. 4 et 5). Quand a_3 (311) est très développé, les cristaux ont un pointement très aigu (fig. 13). Ces deux types passent fréquemment de l'un à l'autre.

Les cristaux du type I affectent parfois l'apparence d'un rhombododécaèdre par suite d'un égal développement des faces h^1 et $b^{1/2}$ (fig. 6).

Type III. Les prismes sont réduits ou absents, l'octaèdre $b^{1/2}$ (111) domine (fig. 1 et 10) ou existe seul. Les faces de $b^{1/2}$ (111) sont parfois courbes.

Clivages. Clivages m (110) parfois très nets, clivages moins nets suivant $b^{1/2}$. Cassure conchoïdale.

Dureté. 7,5.

Densité. La densité moyenne est de 4,68 à 4,70, mais elle varie beaucoup entre les extrêmes 4,1 et 4,86 ; elle augmente après chauffage des cristaux au rouge, 4,863 (Espaly) (Church).

Coloration et éclat. Incolore, jaune ou brun enfumé (jargon), orange, rouge, brunâtre (hyacinthe), vert. La couleur est parfois variée dans un même cristal et distribuée suivant des zones parallèles aux faces *m* et $b^{1/2}$. Les variétés colorées perdent leur couleur par exposition à la lumière ou par calcination. M. Spezzia a montré que dans ce dernier cas les variations de couleur sont dues à de l'oxyde de fer (*Att. Sc. Tosc.* XII. 37. 1896). Poussière incolore.

Éclat adamantin. Transparent ou translucide.

Propriétés optiques. Uniaxe et positif (n_g.)

$$n_g = 1{,}9682 \text{ (Ceylan) Sanger (D).}$$
$$n_p = 1{,}9239.$$
$$n_g - n_p = 0{,}0443.$$

Le zircon présente parfois des anomalies optiques étudiées par Mallard, Brauns et Wallerant. Les cristaux taillés normalement à l'axe se montrent formés par quatre secteurs biaxes, séparés par les diagonales de la face, avec parfois une place centrale uniaxe; la bissectrice est parallèle à l'axe quaternaire, le plan des axes est un peu incliné sur la trace de l'un des plans diagonaux de la section, les quatre secteurs ayant une orientation symétrique par rapport à l'axe quaternaire : l'écartement de l'axe est faible. Mallard considère le minéral comme monoclinique.

Pléochroïsme. Les cristaux de zircon hyacinthe, examinés en lames d'une épaisseur supérieure à un millimètre, sont à peine pléochroïques, avec maximum suivant n_g.

Inclusions. Le zircon renferme assez souvent des inclusions microscopiques (inclusions liquides avec bulle, inclusions gazeuses et peut-être vitreuses, cristaux aciculaires de nature indéterminée).

Composition chimique. La composition théorique correspondant à la formule $(Zr, Si)O^2$ est donnée en *a*; il existe généralement un peu d'oxyde de fer.

Analyses du zircon d'Espaly.

a) par Berzelius (*P. A.* IV. 131. 1825);

b) par Nylander (*Act. Univ. Lund* II, *in N. J.* 488. 1870).

	a)	*b*)	*c*)
SiO^2.....	32,8	33,48	33,23
ZrO^2.....	67,2	67,16	66,03
Fe^2O^3.....	»	»	0,62
	100,0	100,64	99,88

Essais pyrognostiques. Infusible au chalumeau; les variétés colorées se décolorent ou blanchissent. Le zircon finement pulvérisé et fondu avec de la soude dans un creuset d'argent, puis attaqué par l'acide chlorhydrique faible, donne une solution qui colore le papier de curcuma en orangé (ZrO^2). Décomposé par fusion par le carbonate de soude ou le sel de phosphore; réduit en poudre, il est attaqué difficilement par l'acide sulfurique concentré et bouillant.

Altérations. Le zircon est ordinairement très réfractaire à l'altération, mais dans quelques gisements, il s'hydrate et devient monoréfringent. Le produit d'altération qui en résulte a reçu divers noms (œrstedtite, auerbachite, malacon, etc.), il est étudié à l'article *malacon*.

Diagnostic. Le zircon se distingue de la thorite par sa dureté plus grande, par sa biréfringence, par sa résistance à l'action de l'acide chlorhydrique. Le xénotime qui possède la même forme que le zircon et une densité voisine (4,45 à 4,56) est moins dur (4,5); son clivage prismatique est parfait; après attaque par le carbonate de soude, la liqueur donne la réaction de l'acide phosphorique, de l'yttria, du lanthane et du didyme (voir aussi à *monazite*).

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

L'étude microscopique a montré l'extrême abondance du zircon dans toutes les roches éruptives (surtout dans les roches granitiques et syénitiques), dans les schistes cristallins, les roches sédimentaires métamorphiques et enfin les sédiments résultant de la destruction des roches précédentes. Il s'y trouve toujours cristallisé.

Il est généralement le plus ancien des minéraux des roches qui le renferment, et se trouve par suite en inclusions dans tous les autres.

Inclus dans les micas (et surtout dans la biotite), dans les chlorites, dans la cordiérite, dans l'andalousite, parfois dans les amphiboles, les pyroxènes, etc., le zircon y détermine des *auréoles pléochroïques* intenses (voir à *biotite*).

Le zircon étant à la fois très lourd et très réfractaire à l'action de l'acide fluorhydrique, il est facile de l'isoler des roches qui le renferment par l'action combinée des liqueurs denses et de cet acide. On peut alors constater au microscope la netteté de ses formes : dans les granites, les cristaux appartiennent surtout aux types I et II, avec ou sans a_3 (311).

Dans les paragraphes qui suivent, je ne m'occupe que du zircon se présentant en cristaux macroscopiques.

1° *Dans les roches éruptives et les schistes cristallins.*

a) *Dans les roches granitiques*[1] *et syénitiques et dans les schistes cristallins.*

Pyrénées. — *Basses-Pyrénées.* J'ai trouvé des cristaux de zircon dans les pegmatites à microcline blanc qui traversent les cipolins d'Itsatsou ; ils sont d'un brun chocolat et accompagnés de sphène de même couleur ; ils présentent des prismes très raccourcis m (110) $b^{1/2}$ (111), avec de petites facettes h^1 (100) (*B. S. M.* XIV. 324. 1891).

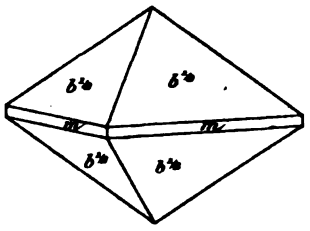


Fig. 1.
Zircon de Pouzac (Type III).

Hautes-Pyrénées. Des cristaux de zircon très petits, mais extrêmement nets et brillants se rencontrent dans la syénite néphélinique de la sablière de Pouzac (type III) ; ce sont des octaèdres $b^{1/2}$ (111), avec parfois des facettes m (fig. 1) ; ils sont d'un brun chocolat.

Plateau Central. — *Haute-Loire.* Je ne connais pas de gisement en place où l'on trouve des cristaux macroscopiques de zircon dans les granites et les gneiss et cependant c'est là qu'il faut chercher l'origine des cristaux de ce minéral qui sont si abondants dans les cendres volcaniques de la région. Des enclaves de granulites plus ou moins fondues, renfermant des cristaux nets de zircon, se rencontrent en effet dans les scories basaltiques des environs du Puy (Denise, le Croustet, etc.) et y ont été signalées dès 1821 par Bertrand Geslin (*Bull. soc. philom.* 165) : j'en ai moi-même observé plusieurs échantillons.

Puy-de-Dôme. Je n'ai trouvé nulle part de zircon macroscopique dans les roches anciennes en place de ce département, mais de beaux cristaux de ce minéral se rencontrent dans des granulites feldspathiques à grands éléments existant à l'état d'enclaves dans le basalte de Montaudou près Royat et plus rarement au cap de Prudelles. Ces cristaux rouges sont identiques à ceux d'Espaly décrits plus loin (types I et II) ; ils ont des arêtes vives et des faces planes.

Vosges. — *Haute-Saône.* M. Jecker m'a communiqué de petits octaèdres $b^{1/2}$ de zircon, d'un brun violacé, ayant 2 à 3 mm. d'arête ; ils

1. Voir à *Malacon*.

proviennent de la syénite rose qui, à Miélin, coupe le granite à hornblende de Servance.

Alpes. — *Isère.* J'ai isolé de très jolis cristaux incolores de zircon d'une amphibolite altérée provenant de Chanrousse.

Ils n'ont guère qu'un millimètre suivant l'axe vertical, mais ils sont remarquables par leur limpidité et la netteté de leurs faces m (110), h^1 (100), $b^{1/2}$ (111), a^1 (101) (fig. 11). Ils sont absolument incolores.

b) *Dans les sanidinites des trachytes.*

Plateau Central. — *Cantal.* J'ai trouvé du zircon en très grande quantité dans les sanidinites enclavées dans les trachytes de Menet (*les Encl. des roches volc.*). Il s'y présente avec des formes et des aspects variés, soit comme élément normal, soit comme produit drusique secondaire (voir page 215).

Les cristaux d'origine primaire sont d'un rouge plus franc que ceux d'Espaly, leurs faces sont brillantes ; ils ont en moyenne 2 à 3 millimètres de plus grande dimension. Ils appartiennent au type II et offrent les faces $m\ b^{1/2}\ a_3$.

J'ai recueilli un autre type de zircon dans une sanidinite compacte, riche en corindon ; les cristaux ne présentent que l'octaèdre $b^{1/2}$ (111) ; ils sont de couleur brune et ne dépassent pas un millimètre.

c) *Dans les roches basaltiques et dans leurs tufs comme élément énallogène.*

Les plus beaux cristaux de zircon que j'ai à étudier sont ceux qui se rencontrent dans les tufs basaltiques et plus rarement dans les basaltes eux-mêmes et dans les andésites augitiques, sous forme d'enclaves énallogènes ; ils résultent de la démolition de roches granitiques ou gneissiques dont on rencontre parfois en même temps des fragments non attaqués renfermant le même minéral à l'état intact. Le zircon de ce genre de gisement est accompagné de corindon qui a la même origine, ainsi que de divers minéraux (pyroxène, amphibole, magnétite) qui, eux, proviennent du magma volcanique.

Plateau Central. — *Haute-Loire.* Le zircon abonde en cristaux isolés dans les sables du petit ruisseau du Riou Pezzouliou près du village d'Espaly à la porte du Puy-en-Velay. Depuis fort longtemps, il y est recherché par les gens du pays. En 1774, Pasumot (*J. P.* III.

442), puis quatre ans plus tard, Faujas de Saint-Fond (*Recherches sur les volcans éteints du Vivarais et du Velay*, 185. 1778) ont décrit ce gisement et indiqué le procédé de lavage à la batée qu'employaient les paysans pour recueillir les cristaux qui étaient ensuite séparés à la main de la magnétite et du corindon. Les gros cristaux étaient vendus à part et les petits cédés à raison de « dix sols l'once à des Genevois qui viennent exprès les acheter ». Ces auteurs confondaient le minéral qui nous occupe avec le grenat.

Bien que le Riou Pezzouliou (ruisseau pouilleux) soit encore le gisement principal du zircon dans le Velay, ce minéral existe aussi dans les mêmes conditions, c'est-à-dire dans les tufs basaltiques d'un grand nombre d'autres localités et dans les sables provenant de leur lavage naturel. L. Pascal (*Étud. géol. Velay*, 1865. 400) a cité les suivants : le Croustet, Denise, Taulhac, Mons, Ours, Bilhac, Vialette et enfin le Coupet près Sainte-Elbe.

Le zircon se trouve aussi en cristaux engagés dans des roches compactes (basaltes, andésites augitiques à faciès basaltique) et dans les scories basaltiques de ces divers gisements, notamment aux orgues d'Espaly.

Aux environs d'Espaly, le Riou Pezzouliou et le Croustet d'où part ce ruisseau, fournissent réunis tous les types cristallographiques que j'ai observés dans le zircon du Velay. Les cristaux sont d'ordinaire d'un rouge hyacinthe, souvent absolument transparents ; plus rarement, ils sont verts presque incolores (par chauffage), jaunes, rouges ou de couleur brique et alors opaques, à aspect jaspoïde. La collection du Muséum renferme un petit cristal rouge hyacinthe à ses deux extrémités, blanc et craquelé dans sa partie médiane.

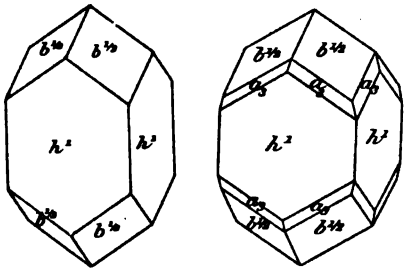


Fig. 2 et 3.
Zircon d'Espaly (Type I).

Il est extrêmement rare de trouver des cristaux à arêtes vives et à faces planes, le plus souvent les angles sont arrondis, les faces courbes. Pour observer des cristaux à arêtes vives, il faut les chercher dans les blocs de granulite imparfaitement fondue qui, comme je l'ai dit plus haut, constituent la gangue originelle de ce minéral. L'arrondissement des faces est dû à une attaque superficielle par le magma basaltique

qui les a englobés plutôt qu'à un commencement de fusion. Le cours du Riou Pezzouliou est du reste trop peu important pour que cet arrondissement des cristaux puisse être attribué à un phénomène d'usure, d'autant plus qu'à part le corindon, peu abondant relativement au zircon, tous les minéraux qui accompagnent celui-ci dans ces sables sont moins durs que lui. J'ai observé plusieurs cristaux de zircon ayant des faces creuses.

La forme la plus habituelle des cristaux d'Espaly, est celle du type I (fig. 2 et 3). Les cristaux sont assez allongés suivant l'axe vertical et présentent les faces h^1 (100) et $b^{1/2}$ (111) dominantes, avec souvent a_3 (311) et des faces m (110) plus ou moins développées (fig. 8, passage du type I à II).

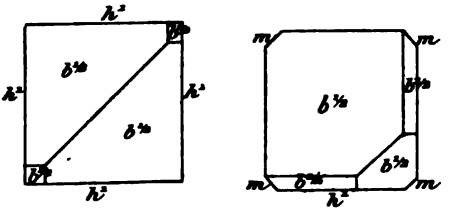


Fig. 4 et 5.
Zircon d'Espaly : projection sur la base de cristaux à pointement dissymétrique.

Très souvent, les faces $b^{1/2}$ du sommet sont inégalement développées, deux d'entre elles, et généralement deux faces opposées, présentent un développement exagéré donnant un pointement à apparence orthorhombique (fig. 4), alors que dans d'autres cas, le pointement a un aspect monoclinique (fig. 6).

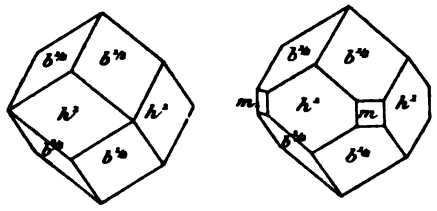


Fig. 6 et 7.
Zircon d'Espaly (Type I).

On trouve plus fréquemment encore des cristaux raccourcis suivant l'axe vertical (fig. 6 et 7) dont les faces h^1 et $b^{1/2}$ sont également développées, de telle sorte que le cristal, quand m n'existe pas, a l'apparence d'un rhombododécaèdre régulier (fig. 6); il rappelle la forme de certains cristaux de zircon de Miask.

Le type II, caractérisé par la prédominance du prisme m (110), (fig. 12) est assez rare à Espaly; j'en ai cependant recueilli quelques bons cristaux, ce sont eux qui m'ont servi aux mesures données plus haut, deux d'entre eux ont en effet des faces planes et très brillantes. Je n'ai trouvé la forme $b^{1/6}$ que sur un seul cristal; elle y est assez développée (fig. 9).

Le type III est très rare, je ne l'ai observé que dans deux cristaux

mesurant environ 5mm, que j'ai trouvés à Espaly et dans quelques très petits cristaux de la collection du Muséum provenant du Croustet; je l'ai vu aussi dans de petits cristaux faisant partie d'une bombe de granulite de Denise. Dans ces cristaux, l'octaèdre $b^{1/2}$ est seul ou associé à de très petites facettes m (110) ou h^1 (100) (fig. 1 et 10).

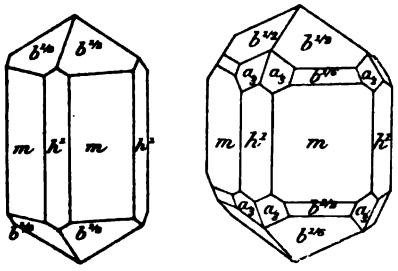


Fig. 8 et 9.
Zircon d'Espaly

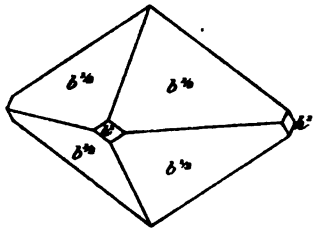


Fig. 10.
Zircon d'Espaly (Type II).

Dans les cristaux du Coupet se trouvent les types I et II; le type II me paraît être plus fréquent que le type I, mais je ne saurais l'affirmer, car je n'ai observé qu'un petit nombre de cristaux de cette localité, alors que j'ai minutieusement passé en revue plus de 10 kilogr. de cristaux d'Espaly.

Dorlhac a décrit les cristaux du Coupet (*Soc. Acad. Puy*, XVI, 597). Il y a indiqué les formes représentées par la fig. 8, et en outre la combinaison h^1, m, $b^{1/2}$, a^1 (101), dont je donne ici la projection sur la base (fig. 11); je n'ai pas observé moi-même l'octaèdre a^1.

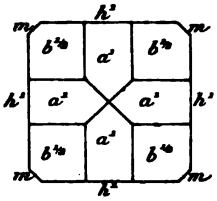


Fig. 11.
Zircon d'Espaly : Projection sur la base.

Puy-de-Dôme. Les pépérites et basaltes de la Limagne renferment comme assez grande rareté des cristaux de zircon semblables à ceux du Puy; ils sont généralement isolés et souvent brisés (pépérites du château de la Grange près Saint-Jean d'Heurs, basalte de la Roche Savine). J'ai parlé page 210 des enclaves de granite à zircon du basalte de Montaudou et du cap de Prudelles.

d) *Dans les enclaves des roches volcaniques comme élément d'origine métamorphique.*

Plateau Central. — *Cantal.* Les sanidinites des trachytes de Menet ne renferment pas seulement les zircons décrits plus haut qui ressemblent comme forme à ceux d'Espaly et qui constituent un de leurs éléments normaux, j'y ai trouvé aussi de petits cristaux d'un rose pâle ou incolores, limpides, de la forme m (110), $b^{1/2}$ (111) (fig. 12); ils sont accompagnés de cristaux de sphène, très allongés suivant l'axe vertical, d'aiguilles d'apatite. Ces divers minéraux sont le résultat d'action de fumerolles, on les rencontre souvent en effet implantés sur les minéraux (sanidine, biotite) en voie de résorption.

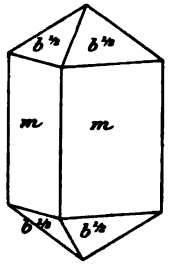


Fig. 12.
Zircon de Menet.
(Type II)

Puy-de-Dôme. C'est à un mode de formation identique qu'il faut rapporter de fines aiguilles roses de zircon qui se trouvent en assez grande abondance associées à de l'augite verte, de la magnétite, plus rarement de l'hypersthène, etc., dans les cavités d'andésites diabasiques, enclavées par le trachyte du Capucin au Mont-Dore. Les formes observées sont $m\ h^1\ b^{1/2}\ a_3$ (types I et II).

Les faces de ces cristaux sont souvent creusées de cavités irrégulières, comme celles qui sont si fréquentes dans les minéraux formés par voie de sublimation : parfois il n'existe dans le pointement que deux faces adjacentes $b^{1/2}$.

J'ai récemment rencontré des cristaux de zircon, identiques à ceux du Capucin, dans les enclaves énallogènes d'un filon de trachyte du Sancy (val d'Enfer) et de l'andésite du puy de Pallaret, sur le bord du chemin descendant à Vassivière.

2° *Dans les formations sédimentaires.*

a) *Dans les sables de formation actuelle.*

Le zircon, grâce à sa dureté, à sa résistance aux actions chimiques et à sa densité se concentre parmi les produits lourds des sables résultant de la désagrégation des roches éruptives et cristallines. Quand on traite par les liqueurs denses les sables d'une région où se rencontrent ces roches, on y trouve en quantité plus ou moins grande des

cristaux de zircon souvent microscopiques, mais avec des formes remarquablement nettes. A une époque où cette constatation n'était pas banale comme aujourd'hui, M. Michel Lévy a signalé ce minéral dans les sables du Mesvrin dans l'Autunois (*Saône-et-Loire*) (*B. S. M.* I. 39. 1878).

C'est pour la même cause que le zircon se rencontre dans le résidu du lavage de tous les sables aurifères passés en revue t. II, p. 427. Je ne citerai spécialement que les deux gisements suivants :

Madagascar. — Les lavages aurifères des environs de Mevatanana (Bélambo) ont fourni des cristaux de zircon rouge hyacinthe tout à fait identiques à ceux d'Espaly (type I) ; ces cristaux sont très roulés et souvent extrêmement arrondis, leur forme devient alors difficile à démêler ; ils sont accompagnés de cristaux de corindon bleu, de grenat, de cymophane et de tourmaline lithique, etc., et proviennent probablement des schistes cristallins ou des granulites, de même que les fragments de quartz hyalin et des autres minéraux qui les accompagnent.

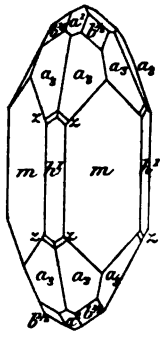


Fig. 13.
Zircon de Yen-Bay.

Tonkin. — J'ai observé dans les sables aurifères du fleuve Rouge (Yen-Bay) de très jolis cristaux limpides, incolores ou rosés de zircon : ils appartiennent aux types I et II, mais avec très grand développement des faces a_3 (311), qui donnent à leurs sommets une forme aciculaire. Il existe aussi de petites facettes z (511) et a^1 (101) (fig. 13). Ces cristaux sont accompagnés par des grains de distlène, de grenat, de magnétite et des lamelles d'or natif.

b) *Dans les roches sédimentaires d'âge varié.*

Le zircon se rencontre comme élément clastique dans un grand nombre de roches sédimentaires antérieures à l'époque actuelle et notamment dans les calcaires : on le trouve parmi les minéraux lourds restant après traitement de ces roches par l'acide chlorhydrique.

C'est ainsi que M. Thürach l'a signalé dans les calcaires et les dolomies sédimentaires de la plupart des gisements qui ont été cités dans des conditions analogues à la description de la brookite, de l'anatase et du rutile.

De même, M. Cayeux a observé en grande abondance ce minéral dans les assises crétacées et tertiaires du Nord de la France et du Sud-Ouest du bassin de Paris ; il a donné dans son mémoire précité une planche (pl. IX) représentant les nombreux aspects de ce zircon microscopique et qui répondent aux diverses formes étudiées plus haut; ces zircons renferment de fréquentes inclusions.

CASSITÉRITE

$Sn\,O^2$

Quadratique.

$$b : h = 1000 : 475{,}402. \quad D = 707{,}107.$$

$$[a : b = 1 : 0{,}67232 \text{ (Becke)}].$$

Formes observées. p (001) ; m (110), h^1 (100), h^2 (310), h^3 (210), h^5 (320) ; a^1 (101) ; $b^{1/2}$ (111) ; a_5 (321).

Macles. Macles suivant a^1 (101) extrêmement fréquentes, se produisant soit par contact (*bec d'étain*, *macle en visière*), soit par pénétration. Elles offrent des aspects variés, suivant que les individus composants appartiennent aux types I (fig. 6 à 9), III ou IV (fig. 13).

Ces macles souvent polysynthétiques donnent lieu à des groupements compliqués qui seront étudiés plus loin.

La macle suivant $a^{1/3}$ (301) n'est connue qu'à l'état microscopique dans des cristaux artificiels.

J'ai mesuré les angles de ce tableau sur de petits cristaux de la Villeder.

	Angles calculés.	Angles mesurés.		Angles calculés.	Angles mesurés.
$m\ m$	90°		$p\ a^1$	146°10′	
$m\ h^5$	168°41′	168°39′ Lx	$a^1\ h^1$	123°50′	
$m\ h^3$	161°34′	161°36′ Lx	$a^1\ a^1$ sur p	112°10′	112°9′ Lx
$m\ h^2$	168°41′		$p\ b^{1/2}$	136°26′30″	
$m\ h^1$	135°		* $b^{1/2}\ m$	133°33′	133°30′ Lx
$h^5\ h^1$	146°19′		$b^{1/2}\ b^{1/2}$ sur p	92°53′	
$h^3\ h^1$	153°26′	153°29′ Lx	$p\ a_5$	112°25′	
$h^3\ h^1$	126°19′		$p\ h^5$	90°	

	Angles calculés.	mesurés.
$m\ a_5$	155°1′	
$m\ a^1$	113°14′1	113°12′
$a^1\ a^1$ sur b^1	133°32′	
$a_5\ a_5$ av. sur m	118°18′	
$a_5\ a_5$ sur h^1	159°6′30″	
$h^1\ b^{1/2}$	119°10′	
$b^{1/2}\ b^{1/2}$ adj.	121°41′	121°12′
$b^{1/2}\ a^1$	150°50′	

	Angles calculés.	mesurés.
Macle suivant a^1		
$a^1\ \bar{a}^1$	135°59′	
$h^1\ \bar{a}^1$	168°15′30″	
$m\ \bar{b}^{1/2}$	161°41′	
$m\ \bar{m}$	133°32′	
$h^1\ \bar{h}^1$	112°10′	112°15′ Lx
$b^{1/2}\ \bar{b}^{1/2}$	141°31′	

Formes et faciès. La cassitérite se présente sous trois types distincts comparables à ceux du zircon.

Type I. Cristaux allongés suivant l'axe vertical avec m (110) dominant, toujours $b^{1/2}$ (111) et fréquemment a^1 (101) (fig. 4).

Type II. La présence du dioctaèdre a_5 (321) ajoutée aux formes du type I donne aux cristaux un aspect aciculaire très caractéristique (*Needle tin ore*) (fig. 18).

Type III. Cristaux octaèdriques, caractérisés par la prédominance de $b^{1/2}$ (111) (fig. 1 et 17), avec quelquefois h^1.

Type IV. Parfois les cristaux octaédriques du type III sont extrêmement allongés suivant une arête $b^{1/2}\ b^{1/2}$; les cristaux sont prismatiques suivant cette arête et présentent un aspect monoclinique (fig. 2), qui devient orthorhombique quand existe la macle suivant a^1 (fig. 13).

La base p (001) est relativement rare (fig. 5); les faces m (110) sont parfois ternes; les faces des zones $[b^{1/2}\ a^1]$ et $[h^1\ m]$ sont striées parallèlement à leurs intersections mutuelles; dans la zone verticale, les stries se transforment souvent en profondes cannelures.

Les macles sont très fréquentes surtout dans le gisement de la Villeder qui sera étudié plus loin.

Le nom d'*étain de bois* a été donné à une variété de cassitérite à cause de sa structure fibreuse et concrétionnée; sa couleur est brunâtre. L'*étain d'alluvion* est formé par des cristaux ou fragments de cristaux arrondis par le frottement.

Clivages. Clivages, h^1 (100) imparfaits, $b^{1/2}$ et m à peine distincts. Cassure conchoïdale ou inégale.

Dureté. 6 à 7. Fragile.

Densité. 6, 8 à 7, 1.

Coloration et éclat. Brune ou noire, plus rarement rouge, grise, jaune, blanche. L'examen microscopique fait voir que les cristaux de cassitérite sont presque toujours zonés de différentes couleurs (fig. 3). Poussière blanche grise ou brunâtre.

Transparente, translucide ou opaque. Éclat adamantin ; les cristaux sont souvent très éclatants.

Propriétés optiques. Uniaxe et positif (n_g).

$$n_g = 2{,}0934 \text{ (Grübenmann) Na}$$
$$n_p = 1{,}9966$$
$$n_g - n_p = 0{,}0968$$

Pléochroïsme. La cassitérite est pléochroïque dans les teintes jaunes et brunes : ce pléochroïsme est assez visible suivant les localités; le plus intense que j'ai observé (Hin Boun) se produit dans les teintes suivantes :

n_g = jaune brun à noir.
n_p = jaune d'or à gris de fer.

Composition chimique. La cassitérite est de l'oxyde d'étain presque pur, avec parfois des traces de Fe^2O^3, de Nb^2O^5, de Ta^2O^5. La composition théorique est la suivante :

Sn.....	78,6
O.....	21,4
	100,0

La cassitérite de Montebras est particulièrement riche en Nb^2O^5 qui, d'après les essais de Caron, s'élève en moyenne à 2 à 3 %, et exceptionnellement à 5 % (*C. R.* LXI. 1064. 1875) ; elle se rapproche par suite de l'*ainalite* de Nordenskiöld, qui renferme jusqu'à 9 % de Ta^2O^5. Pour le mettre en évidence, il faut chauffer au rouge sombre le minéral, avec 25 % de charbon, puis le reprendre par l'acide chlorhydrique bouillant qui laisse à l'état insoluble de l'oxyde noir de niobium. Ce résidu, traité par un courant de chlore sec au rouge se transforme en chlorure volatil qui, traité par l'acide chlorhydrique étendu, donne duNb^2O^5 facile à purifier à l'aide du sulfhydrate d'ammoniaque.

Essais pyrognostiques. Infusible. Au chalumeau, avec la soude, donne un globule d'étain métallique entouré d'un enduit blanc. A peu près inattaquable par les acides. Avec les flux, donne les réactions du fer dans les variétés ferrifères.

Diagnostic. La forme et les macles, le globule d'étain donné au

chalumeau, permettent de distinguer facilement la cassitérite des minéraux lourds qui l'accompagnent. Ce diagnostic est complété par la transparence en lames minces, la couleur différente suivant des zones régulières. La biréfringence est moindre que celle du rutile.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La cassitérite est surtout un minéral d'émanation des granulites ; dans presque tous les gisements qui vont être passés en revue, elle se trouve en relation immédiate avec ces roches. On la rencontre beaucoup plus rarement dans des filons sulfurés. Je l'étudierai successivement :

1° Dans la granulite en cristaux disséminés.

2° Dans des filons en relation avec la granulite.

3° Dans des filons sulfurés.

4° Dans les alluvions.

Les gisements des trois dernières catégories seulement ont un intérêt économique, mais de fort beaux cristaux se trouvent parfois dans le premier genre de gisement.

1° *Dans les granulites.*

Je ne m'occupe ici que des gisements dans lesquels la granulite renferme de la cassitérite en l'absence de filons stannifères. Au voisinage de ces derniers, la granulite contient toujours ce minéral finement disséminé.

Bretagne. — *Loire-Inférieure.* De beaux cristaux de cassitérite se rencontrent dans les granulites riches en muscovite à Nantes même et dans ses environs immédiats (au-dessus du gué Moreau, route de Rennes, Doulon). Ces cristaux sont d'ordinaire noirs de fer, engagés soit dans le feldspath, soit dans le quartz ; ils atteignent plusieurs centimètres de plus grande dimension. Leur forme (type III) est celle de l'octaèdre $b^{1/2}$ (111) avec souvent a^1 (101) (fig. 1) ; ils sont fréquemment très allongés suivant une arête $b^{1/2}\,b^{1/2}$ et ont alors la forme de prismes de 121°45′, dans lesquels il est difficile au premier abord de reconnaître la cassitérite, surtout lorsque les faces $b^{1/2}$ supérieures de la figure 2 sont brisées ; ces cristaux sont quelquefois maclés suivant a^1.

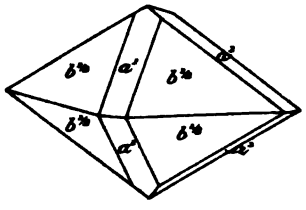


Fig. 1.
Cassitérite de Nantes (Type III) (*Loire-Inférieure*).

La cassitérite se rencontre sous les mêmes formes dans la pegmatite d'Orvault, avec tourmaline verte, rouge, etc.

Plateau Central. — *Haute-Vienne.* Il existe dans la Haute-Vienne quelques gisements qui établissent le passage entre le type qui vient d'être étudié et les véritables filons stannifères. Au milieu du gneiss, se rencontrent des filons ou des massifs de granulite, traversés par des filons de pegmatite au milieu desquels, se trouvent des zones riches en lépidolite, topaze, albite, etc. et enfin des mouches de cassitérite.

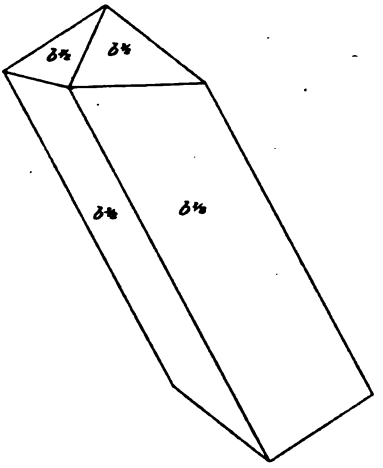


Fig. 2.
Cassitérite de Nantes, allongée suivant une arête $b^{1/2}\ b^{1/2}$.

Les cristaux de ces gisements sont d'ordinaire de petite taille, noirs, opaques et appartiennent au type III, ils sont souvent maclés (fig. 10) (La Chèze près Ambazac, Chédeville en Saint-Sylvestre, Chanteloube, Mazataud au Sud de Bessines). A la Chèze et à Chédeville la cassitérite n'est que rarement englobée dans la lépidolite ; elle se trouve surtout dans les veines très feldspathiques, dépourvues de micas qui forment les salbandes des filons lépidolitifères.

La fig. 3 représente l'aspect habituel de la cassitérite dans les lames minces de ces granulites et met en évidence la structure zonée (brun et gris) à peu près constante dans ce minéral.

Allier. La granulite kaolinisée des Colettes et d'Échassières (Beauvoir) renferme, à l'état d'extrême division, de la cassitérite invisible à l'œil nu, mais se concentrant dans le résidu du lavage du kaolin en même temps que d'autres minéraux lourds (topaze, pyrochlore, etc.)

La cassitérite retirée des lavages d'Échassière est noire, ses cristaux ont la même forme que ceux de Montebras.

Le même gisement contient des rognons mamelonnés d'hématite, de psilomélane cuprifère ; plus rarement, on trouve la cassitérite dans de petits filonnets quartzeux (voir plus loin).

2° *Dans des filons quartzeux.*

Tous les gisements stannifères qui vont être décrits sont en relation

intime avec des granulites, ils sont à gangue quartzeuse ; ils ne constituent pas des filons épais comme ceux du Cornwall, mais plutôt des enchevêtrements de filonnets (stockwerk), parfois rapportés à une direction générale, comme cela est le cas à la Villeder. La cassitérite est généralement concentrée sur les épontes des filons, mais souvent aussi imprègne à leur voisinage la granulite ou les schistes plus ou moins transformés en greisen.

La topaze ne se présente en cristaux distincts dans aucun de ces gisements, mais constitue un élément microscopique existant parfois

Fig. 3.

Cassitérite [macle suivant a^1 (101)], dans granulite à lépidolite d'Ambazac (*Haute-Vienne.*) *Photographie, lumière naturelle : grossissement de 45 diamètres.*

dans la granulite au voisinage des filons (Montebras). Le wolfram abonde dans quelques gisements (Meymac, Chaine de Blond), mais manque d'une façon absolue dans d'autres (La Villeder, Montebras) ; il en est de même pour le mispickel. Quelques-uns de ces gisements sont remarquables par d'autres particularités minéralogiques spéciales, telles que l'abondance du béryl (la Villeder), de l'apatite manganésifère (Montebras), de l'amblygonite (Montebras), de la molybdénite (Meymac, Chaine de Blond), etc.

D'une façon générale, la tourmaline et la fluorine sont rares ou absentes dans les gisements français.

Seul le gisement de la Villeder renferme avec quelque abondance de la cassitérite en cristaux drusiques.

Bretagne. — *Finistère*. De petits cristaux de cassitérite ont été signalés par le Dr Lehir (*Congrès scientif. de Saint-Brieuc*, 1873) dans une veine de quartz à Barnénez en Plouézoch.

Morbihan. Des filons de quartz contenant de la cassitérite existent dans les amphibolites de l'embouchure de la Vilaine près Penestin, dans les micachistes des environs de Questembert, à la Villaulan et à Pourmabon en Guégon près Guéhenno, mais c'est surtout au Sud-Ouest de Ploërmel que se trouvent les gisements importants; ils s'observent sur près de 4 kil. depuis Maupas en Saint-Servant jusqu'au moulin de la Villeder (ville d'Air) en Roc-Saint-André, où ils ont été autrefois plus particulièrement attaqués pour l'exploitation : ils sont tous abandonnés aujourd'hui.

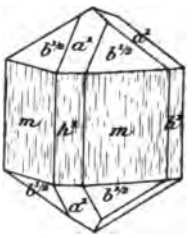


Fig. 4.
Cassitérite (Type I).
La Villeder.

La région stannifère renferme un faisceau, ramifié en stockwerk, de veines quartzifères dont quelques-unes prédominent; elles ont une orientation N. N. O. et se trouvent surtout au contact du massif de granulite de Plumelin et des schistes micacés cambriens. Elles s'observent aussi dans ces deux roches et passent sans déviation de la roche éruptive dans les schistes qu'elle a métamorphisés (*A. M.* VI. 381. 1834, VII. 181. 1844) et Lodin (*B. S. G.* XII. 145. 1883).

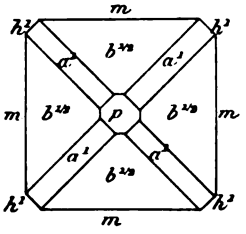


Fig. 5.
Cassitérite de la Villeder.
Projection sur la base.

J'ai étudié un très grand nombre d'échantillons de la Villeder, les uns se trouvent dans la collection du Muséum, les autres m'ont été obligeamment communiqués par M. de Limur; les cristaux de cassitérite de ce gisement peuvent être comptés parmi les plus beaux connus dans cette espèce minérale.

Le remplissage des filons est essentiellement constitué par un quartz bleu ou gris de fumée, très fétide au choc, très riche en inclusions liquides. La muscovite abonde; la cassitérite est en outre associée au mispickel, au béryl, à l'apatite, plus rarement à un peu de blende noire, de galène, de chalcopyrite. La fluorine jaune et la molybdénite

ont été trouvées au début seulement de l'exploitation et en très petite quantité.

La tourmaline est rare à la Villeder et paraît se trouver surtout dans un quartz différent de celui qui sert de gangue à la cassitérite, elle abonde au contraire dans les filons du Nord de la région, quand la cassitérite disparaît.

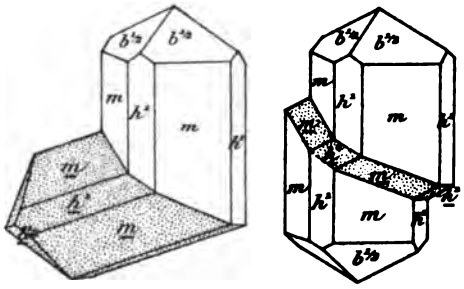


Fig. 6 et 7.
Cassitérite de la Villeder. Macle suivant a^1 (101) de cristaux du type I.

Le mispickel se rencontre dans le quartz, dans la granulite avoisinante, mais jamais dans les géodes, tandis que la cassitérite, le béryl, l'apatite et la muscovite se trouvent non seulement engagés dans le quartz, mais encore dans des cavités qui ont fourni les plus beaux cristaux. La cassitérite est fréquemment implantée sur les épontes dont elle est séparée parfois par une zone micacée.

Les très gros cristaux de cassitérite s'observent surtout dans des géodes au milieu du quartz; les petits cristaux sont fréquemment englobés dans des agrégats très fragiles de délicates lamelles de muscovite.

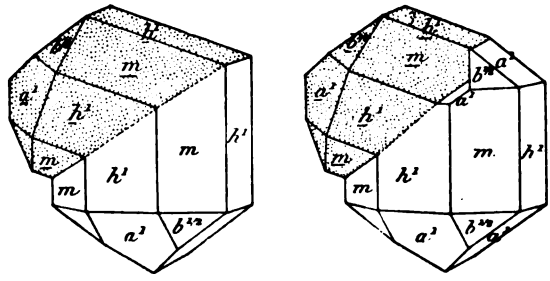


Fig. 8 et 9.
Cassitérite de la Villeder. macle suivant a^1 (101) de cristaux un peu aplatis suivant h^1 (100).

Le béryl est généralement antérieur à la cassitérite qui l'englobe, mais on trouve aussi ce minéral en beaux cristaux implantés dans des géodes sur ceux de cassitérite; l'ordre de succession de la blende, du mispickel et de la cassitérite n'est pas moins variable.

La cassitérite de la Villeder présente un aspect très caractéristique: les cristaux engagés dans le quartz sont ordinairement d'un brun châtaigne inclinant vers le brun jaune brunâtre clair. Leurs faces prismatiques sont rarement planes et le plus souvent très profondément cannelées. Les cristaux des géodes au contraire ont des faces plus

nettes, ils sont extrêmement éclatants, leur couleur est plus foncée, ils sont parfois presque noirs.

Il n'est pas très rare de rencontrer de petits cristaux, fortement translucides ou même presque transparents dans les teintes d'un jaune brun. On peut constater alors, à l'œil nu, ce que le microscope

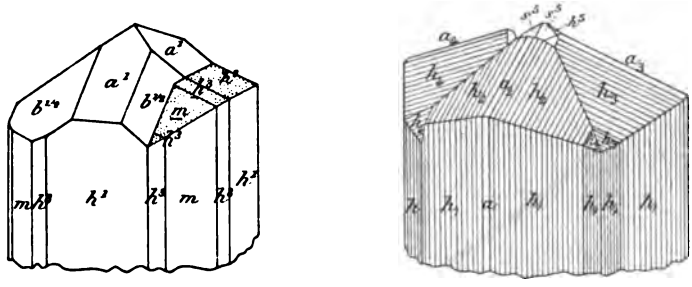


Fig. 10 et 11.
Cassitérite de la Villeder. (Macles complexes de cristaux du type I.)

montre presque toujours dans les lames minces, c'est-à-dire l'inégalité de la coloration suivant des zones plus ou moins régulières.

Les cristaux de cassitérite de ce gisement sont parfois de très grande taille ; la collection du Muséum en possède un mesurant 9 centimètres suivant l'axe quaternaire et 6 dans la direction d'un axe binaire. Les cristaux bipyramidés sont fréquents.

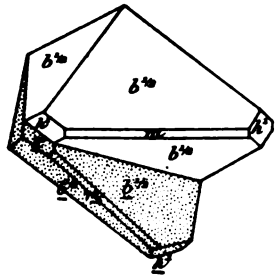


Fig. 12.
Cassitérite de la Villeder. Macle suivant a^1 de cristaux du type III.

La fig. 4 représente la forme habituelle ; les pointements sont toujours constitués par $b^{1/2}$ (111), avec fréquemment de petites facettes a^1 (101) qui très souvent sont inégalement développées ou même manquent partiellement. Elles sont très brillantes, généralement planes, à l'inverse des faces $b^{1/2}$ qui sont fréquemment très irrégulières et ondulées. J'ai rencontré dans un assez grand nombre de petits cristaux (atteignant rarement 1cm.) la base a^1 (001), qui ne constitue jamais qu'une très petite facette brillante (fig. 5).

Dans la zone verticale, les faces m dominent presque toujours, elles sont accompagnées de h^1, et parfois de h^2 (310), h^3 (210) et h^5 (320).

Les cristaux présentent souvent des déformations analogues à celles du zircon d'Espaly : elles consistent essentiellement en aplatisse-

ment suivant une face *m* ou un inégal développement des faces du sommet.

Les macles sont extrêmement fréquentes et présentent des faciès fort différents. Les macles binaires se rencontrent assez souvent, mais d'ordinaire un examen attentif permet de voir que chaque individu en apparence simple est lui-même constitué par des macles multiples. Les fig. 7 et 10 représentent des cas fréquents tout à fait identiques aux cristaux de Saxe et de Bohême décrits par M. Becke. On rencontre aussi en grande abondance des macles plus complexes.

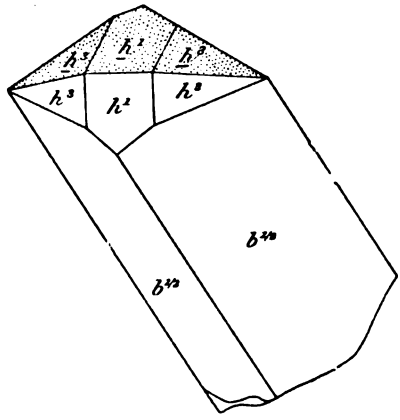


Fig. 13.
Cassitérite de la Villeder. Macle suivant a^1 (101) de cristaux allongés suivant une arête $b^{1/2}$ $b^{1/2}$ (Type IV).

Les fig. 6 et 16 représentent un type fréquent dans la cassitérite engagée dans le quartz : la face h^1 est peu développée, chaque cristal est très distinct et les angles rentrants sont constitués par les faces de la zone prismatique. Dans les petits cristaux des géodes, on rencontre quelquefois ce même type de macle dans lequel la face h^1 perpendiculaire au plan de macle dans les deux individus est très développée, l'allongement des cristaux étant moins accentué que dans les figures précitées. Il en résulte que l'angle rentrant des faces *m* ne constitue plus qu'une très petite gouttière (fig. 8, 9 et 14 en haut).

Fig. 14 à 16.
Cassitérite de la Villeder. Macles suivant a^1, dont les figures théoriques sont représentées par les figures, 8 (en haut), 12 (à gauche), 6 (à droite). *Photographie grandeur naturelle.*

La fig. 12 correspond au contraire à un type de macle rappelant celui de Schlagenwald : les individus constituants sont peu développés suivant l'axe vertical (type III) et les faces $b^{1/2}$ très larges ; ce sont

elles qui constituent le *bec d'étain*. Ce dernier type de macle est plus fréquent dans les cristaux des géodes que dans ceux engagés dans le quartz.

Enfin un dernier type de macle beaucoup plus rare que les précédents est celui constitué par un grand nombre d'individus ne présentant pas d'angles rentrants et ne montrant à l'extérieur que des faces prismatiques.

La fig. 11 représente, d'après M. Groth, un cristal faisant partie de la collection de Strasbourg et constitué par un groupement de cinq cristaux.

Enfin pour terminer, je signalerai de fort curieuses macles de deux cristaux allongés suivant une arête $b^{1/2}$ $b^{1/2}$: elles donnent un assemblage pseudorhombique (fig. 13). Je les ai observées dans des géodes de muscovite : les cristaux, remarquablement éclatants, à l'exception des faces h^3, sont souvent transparents et d'un brun jaune, avec zones plus foncées. Ils sont parfois plus compliqués que dans la figure 13, par suite de l'existence de très petites facettes m (110), h^3 (210), h^5 (320). Ces cristaux sont associés à d'autres, présentant un développement normal.

Loire-Inférieure. Des recherches ont été faites autrefois à la pointe de Penhareng près Piriac sur des filons de cassitérite. Les échantillons en masses cristallines que j'ai vus sont d'un brun violacé ; il existe aussi des cristaux distincts (fig. 4 et 6) qui rappellent comme aspect ceux de la Villeder. C'est le démantellement sur place de ces filons qui fournit la cassitérite des sables de Piriac.

Un filon de quartz à cassitérite exploité à une époque antehistorique a été signalé par M. Davy (*Bull. soc. sc. nat. Ouest*. VII. 281. 1897) à Abbaretz.

Anjou. — *Maine-et-Loire*. De petits amas de cassitérite brune se rencontrent dans les filons de quartz de Beaucouzé près Angers ; je n'y ai pas vu de cristaux nets.

La collection du musée de Strasbourg possède un échantillon de cassitérite noire avec macles du type de Schlagenwald (fig. 12) ; elle est indiquée comme provenant de Cornuaille (Maine-et-Loire) ; elle est associée à de la topaze (Groth. *Min. Samml.* 106). Peut-être y a-t-il lieu de faire quelques réserves sur l'authenticité de la provenance de cet échantillon, je n'ai pu me procurer aucune preuve de l'exactitude de l'existence de la cassitérite dans le voisinage de La Cornuaille. Peut-être l'étiquette aurait-elle dû porter Cornouailles (Cornwall) ?

Creuse. Le gisement de Montebras en Soumans est très différent des précédents au point de vue minéralogique. J'ai pu l'étudier en détail, grâce à l'obligeance de M. Morineau qui m'a autrefois facilité la visite de cette mine.

Au milieu du granite à pinite, se trouve un petit amas de granulite passant à une variété microgranulitique rose, riche en quartz bipyramidé, en albite et souvent en topaze microscopique. Cette roche et surtout le granite sont traversés par de nombreux filons stannifères de puissance très variable, depuis quelques centimètres jusqu'à plus de trois mètres. Ils s'observent aussi au contact mutuel du granite et de la granulite.

Les filons ont une composition minéralogique différente suivant leur direction. Les filons N. S. sont quartzeux et feldspathiques (orthose rosée), les filons N. 30°O. sont surtout constitués par du quartz grisâtre avec beaucoup de muscovite blanchâtre, jaune ou verdâtre.

Dans les filons E. 15° N, il y a peu de quartz, du feldspath rouge ou violacé, de l'apatite manganésifère, de la muscovite et enfin quelque peu de montebrasite. Enfin les filons à 15°N. sont ceux qui contiennent l'amblygonite et ses dérivés (turquoise, wavellite, morinite) dans une gangue quartzeuse.

A l'intersection de ces divers filons, on observe le mélange de tous leurs remplissage. Il existe aussi à Montebras des cassures N.N.E. à remplissage argileux dans lesquelles se trouvent assez souvent des paillettes de chalcolite.

Tandis que dans les filons N. S., et N. 30°O., la cassitérite se rencontre rarement en cristaux distincts et forme d'ordinaire des masses grenues ou compactes, dans les autres filons au contraire, elle est plus disséminée et existe parfois dans la muscovite ou dans les fentes du quartz en cristaux distincts.

La cassitérite de Montebras est niobifère (analyse *e*), d'un noir de fer très caractéristique ; la forme de ses cristaux diffère de ceux de la Villeder pour se rapprocher des cristaux des pegmatites de la Loire-Inférieure. Ce sont des octaèdres a^1 (101) (type III), souvent formés par des emboîtements à axes parallèles d'un grand nombre d'individus. Leurs faces présentent presque toujours les stries triangulaires que montre la fig. 17 ; elles sont fréquemment courbes. Les macles suivant a^1 (101) constituent une exception assez rare ; j'ai cependant recueilli dans les cavités d'un bloc de quartz, de petits cristaux qui

étaient tous maclés (type de la fig. 12). Les plus gros cristaux dépassent rarement 1^{cm} 5 suivant un axe binaire.

Au contact des filons, la granulite est très kaolinisée ; une exploitation pour l'extraction du kaolin a mis en évidence l'imprégnation de la roche par la cassitérite (5 à 6 millièmes) qui se concentre à la périphérie du massif.

Il existe à Montebras en très petite quantité des minéraux cuprifères ; ils ne se manifestent guère que par des produits de décomposition (turquoise, formée par altération d'amblygonite ; libéthenite, dans les fentes du feldspath, M. Morineau m'a signalé la cuprite). J'ai cependant vu un échantillon de cassitérite englobé par l'amblygonite qui teint son hôte en verdâtre sur la zone de contact. En traitant par l'acide azotique une petite quantité de cette cassitérite finement pulvérisée, j'ai obtenu une solution riche en cuivre et en acide sulfurique avec en outre un peu de soufre ; le minéral cuprifère est probablement de la chalcosite.

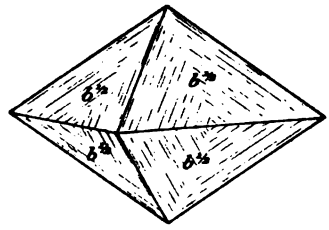


Fig. 17.
Cassitérite de Montebras (Creuse) (Type III).

On a vu que la chalcolite n'est pas rare sous forme de paillettes dans les croiseurs stériles N. N. E. ; elle se trouve aussi, disséminée dans toutes les fentes des filons ou des roches qu'ils traversent.

En résumé, la caractéristique de Montebras réside au point de vue minéralogique dans la composition et la forme de la cassitérite, et son association à l'amblygonite et à l'apatite manganésifère ; il faut signaler en outre l'absence du wolfram, de la tourmaline, l'absence presque complète du mispickel et de la molybdénite, que je n'y ai pas vu personnellement, mais que M. Morineau m'a dit avoir trouvés comme très grande rareté.

J'ai observé une seule fois seulement des lames de niobite dans un échantillon d'amblygonite.

Corrèze. Les filons quartzeux bismuthifères de Meymac (voir t. II, 387) renferment une petite quantité de cassitérite brune. Des recherches nouvelles ont été faites récemment sur ce gisement aujourd'hui abandonné, et ont montré que la cassitérite existe non seulement dans les veinules quartzeuses, mais aussi dans un greisen riche par places en molybdénite ainsi que dans la granulite. Dans cette dernière

roche, elle est extrêmement divisée et ne peut guère être mise en évidence que par le lavage à la batée. La cassitérite de Meymac est parfois englobée par du wolfram et associée à du mispickel ; elle est d'un brun foncé.

De Boucheporn a signalé (*Expl. géol. Corrèze*) la cassitérite à Ségur-sur-Vézère, au Nord de Pompadour.

Haute-Vienne. Le premier gisement français dans lequel ait été trouvée la cassitérite est celui de Puy-les-Vignes près Saint-Léonard. Ce minéral s'y trouve en très petite quantité dans un filon de quartz riche en wolfram (voir à *wolfram*).

Deux autres gisements stannifères existent dans la même chaîne granulitique de Blond : celui de Vaulry sur son flanc Nord, celui de Cieux sur le flanc Sud. Des recherches, aujourd'hui abandonnées, ont été faites sur ces gisements qui, à l'inverse du précédent, ne renferment plus le wolfram que comme accident minéralogique.

A Vaulry, les filons sont nombreux et minces (3 à 5^{cm}), enchevêtrés en stockwerk ; ils s'observent dans la granulite et dans les schistes voisins. La cassitérite est concentrée aux épontes des filons. Au contact de ceux-ci, la granulite est transformée en greisen, essentiellement formé de muscovite et de quartz avec cassitérite, dont les cristaux sont plus nets que ceux enveloppés par le quartz. Les minéraux accessoires sont nombreux : mispickel et ses produits d'altération (scorodite et pharmacosidérite), molybdénite, scheelite, wolfram, parfois abondants ; cuivre natif, cuprite, apatite, or natif (extrêmement rare), etc. L'autunite a été trouvée dans un petit filonnet de fluorine violette ayant 5^{cm} d'épaisseur et à son contact, dans la granulite.

Les associations minéralogiques sont les mêmes à Cieux (près du hameau de Monsac) où un filon de près d'un mètre de puissance se trouve au contact de la granulite et du granite. La cassitérite y est peu abondante et également localisée aux épontes du filon dans lequel ont été rencontrées des cavités tapissées de cristaux de quartz.

La cassitérite de ces divers gisements rappelle un peu comme aspect celle de la Villeder, les bons cristaux sont assez difficiles à trouver depuis que les recherches minières ont été abandonnées. J'en ai étudié quelques-uns provenant de la collection d'Haüy auquel les avait donnés M. de Cressac qui, au commencement du siècle, a été le premier à signaler ces gisements. Leur forme se rapporte aux types représentés par les fig. 4, 6, 7 et 10.

Dans le greisen, les cristaux nets ont des faces extrêmement brillantes rappelant par leur éclat les cristaux des géodes de La Villeder; j'y ai observé les formes habituelles à ce gisement; les macles sont assez fréquentes, le minéral est accompagné de beaucoup de mispickel.

La collection du Muséum possède une très belle macle de cassitérite formée de plusieurs individus et indiquée comme provenant de Vaulry. Cet échantillon ressemble beaucoup aux cristaux de Schlagenwald (fig. 12); son origine n'est guère douteuse, il provient de la collection de Gillet de Laumont faite au moment des premières recherches.

Charente. Les filons quartzeux de la roche Cambour, dont il sera question à l'article *wolfram*, renferment de la cassitérite brune.

Puy-de-Dôme. De faibles quantités de cassitérite ont été rencontrées dans le filon de quartz wolframifère de Pontgibaud, ainsi qu'au Sud de la mine de Roure, au voisinage d'Argentelle (Gonnard, *op. cit.*, 170).

Allier. J'ai observé quelques échantillons de quartz provenant des Colettes (voir page 221). L'un d'eux, adhérent à un morceau de greisen, est ponctué de cristaux de cassitérite (type I) d'un brun noir très éclatant; ils ont 5 millimètres de plus grande dimension; l'autre renferme des masses fibrobacillaires de cassitérite, associées à des octaèdres réguliers d'un minéral du groupe du pyrochlore.

Maures. — *Var.* La cassitérite accompagne le wolfram dans un échantillon à gangue quartzeuse de la Molle, près Cogolin, faisant partie de la collection Marcel de Serres.

Congo. — La cassitérite a été signalée dans les Monts de Cristal.

Madagascar. — Des filons stannifères ont été signalés dans la région d'Ambatofangehana; je n'ai pas vu d'échantillons provenant de la grande île, et il y a lieu de faire des réserves à cet égard.

Tonkin. — Des filons stannifères sont actuellement prospectés à Tin-Tuc, à l'Ouest de Cao-Bank, dans le Nord-Est du Tonkin. Les échantillons de greisen stannifère (cassitérite d'un brun noir) que j'ai examinés m'ont été envoyés par M. Dupouy.

3° *Dans des filons sulfureux.*

Indochine. — *Laos.* Des gisements stannifères sont depuis longtemps exploités par les indigènes dans la province de Cammoun. Des

recherches y sont faites actuellement, dans la vallée du Nam-Pathène, affluent du Hin-Boun, qui est lui-même l'un des affluents de gauche du Mékong ; la mine porte le nom de Hin-Boun.

Je dois à M. Rueff une série d'échantillons qui ont un haut intérêt minéralogique, car ils me paraissent indiquer que la cassitérite de Hin-Boun se rencontre dans un gisement fort différent de tous ceux décrits plus haut. Le minerai est extrait à flanc de coteau dans une région calcaire, dépourvue de roches éruptives ; il paraît n'être pas en place, mais il est peu roulé et il est probable que les travaux en cours d'exécution feront trouver à proximité le gîte dont ils proviennent.

Le minerai est constitué par une limonite, tantôt caverneuse, tantôt compacte ou concrétionnée, dans laquelle on ne voit guère, à l'état disséminé que quelques cristaux prismatiques de quartz ; c'est là le minerai pauvre. Le minerai riche est formé par une masse très cristalline d'un beau jaune, très dense, constituée par des aiguilles de cassitérite et de quartz, imprégnées de limonite.

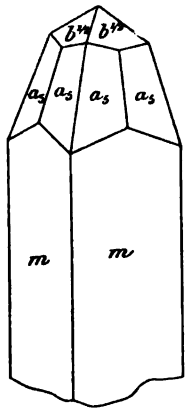


Fig. 18.
Cassitérite de Hin-Boun (Type II).

Le traitement de ce minerai par l'acide chlorhydrique bouillant m'a permis de purifier la cassitérite qui apparaît alors sous forme de cristaux, atteignant rarement 1 millimètre, ou de masses constituées par l'enchevêtrement de ces cristaux. Ils sont d'un gris jaunâtre et se montrent au microscope très transparents ; leur éclat est très vif et adamantin, mais leurs faces sont rarement planes ; elles sont creusées de cavités comme celles des cristaux extraits d'un calcaire par l'action d'un acide. La limonite les incruste donc profondément.

Ces cristaux de cassitérite appartiennent au type I et II ; ils sont très allongés suivant l'axe vertical et présentent les formes m, $b^{1/2}$, avec très fréquemment le dioctaèdre a_5 (321) qui prend un très grand développement et donne aux cristaux l'aspect bien connu du *need tin ore* du Cornwall (fig. 18). Les macles suivant a^1 (101) sont remarquablement peu nombreuses et toujours binaires.

Pour obtenir de jolis cristaux, il est nécessaire de traiter par l'acide chlorhydrique la limonite pauvre en cassitérite, dans laquelle les cristaux de ce minéral sont clairsemés et par suite plus nets ; ils se

groupent fréquemment en rosettes et sont presque transparents, quand ils sont très petits ; ils ne sont ni roulés, ni brisés, et sont incontestablement en place dans la limonite.

Examinés au microscope, ces cristaux se montrent très irrégulièrement colorés. Leur périphérie est souvent incolore, alors que leur centre est coloré de jaune on de brun, avec pléochroïsme très net. La structure est zonée ou en sablier.

Dans aucun échantillon, je n'ai vu la cassitérite englobée par du quartz massif, mais ce minéral l'accompagne en cristaux, eux aussi automorphes et dispersés dans la limonite.

Le minerai riche se montre en lames minces constitué par un enchevêtrement miarolitique de baguettes automorphes de cassitérite, çà et là moulées par quelques cristaux allongés de quartz bipyramidés ; la limonite tapisse les cavités, mais paraît être un minéral de suintement et ne constitue pas d'épigénies en place.

Aucun des satellites habituels de la cassitérite : topaze, mica, apatite, wolfram, etc., ne se rencontre dans ce gisement. La limonite y est sans aucun doute d'origine pseudomorphique et elle occupe probablement la place de pyrite dont cependant je n'ai rencontré aucune trace, ni à l'état intact, ni sous forme de cristal pseudomorphisé, ce qui n'est d'ailleurs pas très étonnant tous les échantillons provenant de la surface.

Tous ces faits semblent indiquer que la cassitérite de Hin-Boun se trouve à l'état de minéral primaire dans le chapeau de fer d'un gîte sulfuré analogue à celui de Campliglia en Toscane, récemment étudié par M. Bergeat (*N. J.* 1901, I, 132). La comparaison s'impose aussi avec les filons sulfurés et en même temps antimoniés analogues de Potosi en Bolivie, car les analyses de l'étain brut extrait du minerai de Hin-Boun y indiquent l'existence de près de 4 °/₀ d'antimoine, et d'un peu de plomb.

4° *Dans les alluvions.*

Les alluvions stannifères constituent l'une des sources les plus abondantes de l'étain, elles résultent de la désagrégation des gisements du genre de ceux qui ont été étudiés plus haut. Elles jouent un rôle économique peu important en France, où elles n'ont pas été exploitées d'une façon active.

Les alluvions stannifères se trouvent généralement au voisinage presque immédiat des filons de cassitérite et souvent même sur leurs affleurements, quand la disposition topographique le permet. Ce n'est cependant qu'à une petite distance de ceux-ci que les dépôts deviennent fins et réguliers ; plus près des filons en effet, on trouve surtout des débris de ceux-ci fournissant de meilleurs échantillons de minéralogie, mais un minerai de richesse très inégale. Dans ces alluvions, la cassitérite se concentre en amas plus ou moins lenticulaires avec les autres minéraux durs et denses : grenat, magnétite, ilménite, or natif, etc.

Il est à remarquer que dans les gisements qui vont être signalés plus loin, l'or natif est un satellite constant de la cassitérite, alors qu'il n'a jamais été trouvé en place dans les filons eux-mêmes ou n'y a été rencontré que comme extrême rareté. La préparation mécanique réalisée par la nature a ainsi permis la concentration parmi ces éléments lourds de l'or n'existant qu'en quantité extrêmement faible dans le gisement originel. Peut-être aussi l'or natif a-t-il été mis en liberté par la décomposition de la pyrite ou du mispickel des filons qui souvent renferment au moins des traces de ces minéraux.

Bretagne. — *Morbihan et Loire-Inférieure*. Les dépôts superficiels de la zone littorale séparant les embouchures de la Vilaine et de la Loire renferment d'une façon presque constante de la cassitérite qui est assez abondante à Penestin (*Morbihan*) et à Piriac (*Loire-Inférieure*) pour avoir fait l'objet de tentatives d'exploitation. Elle y est accompagnée d'or natif. On a vu plus haut que des filons stannifères existent dans ces deux localités.

A Penestin (embouchure de la Vilaine), un mètre cube de sable renferme d'après Durocher de 10 à 15 kgm. environ de cassitérite et 0 gr. 50 d'or natif. M. de Limur y a trouvé en plus faible quantité des paillettes de platine natif. La magnétite, l'ilménite, le corindon, etc., s'observent dans les mêmes sables.

Une seconde région stannifère s'étend au Sud de Josselin sur les pourtours du massif granulitique séparant les vallées de l'Oust et de la Claye, notamment dans les communes de Guéhenno, Sérent, Lizio, Saint-Servant, etc. ; c'est dans cette région que se trouvent les filons de la Villeder. Là encore, la cassitérite est accompagnée d'or natif (voir t. I, p. 428).

La cassitérite de tous ces gisements d'alluvion est très fine loin des affleurements ; plus près d'eux, elle atteint la grosseur d'une noix.

Elle est, suivant les gisements, noire ou au contraire de couleur claire ; c'est là le cas notamment de la cassitérite de la seconde région dont il vient d'être question où l'on trouve parfois des grains de cassitérite d'un blanc très pur.

Plateau Central. — *Haute-Vienne.* Toutes les rivières descendant de la chaîne de Blond empruntent aux filons stannifères, dont il a été question plus haut, la cassitérite qui se trouve dans leurs alluvions. Celles-ci sont aurifères et atteignent localement deux mètres d'épaisseur, elles seraient exploitables sur près d'un mètre à partir du fond. On peut citer en particulier les vallées du Grand Étang de Cieux et de la Glageole près Vaulry. La caractéristique, qui distingue ces alluvions stannifères de celles de Bretagne, réside dans la fréquence de petits fragments de wolfram, minéral qui, on l'a vu plus haut, est associé à la cassitérite dans les filons de cette région.

Je renvoie à la page 431 du tome II, pour l'indication des localités aurifères du Limousin qui renferment presque toutes en petite quantité de la cassitérite.

Creuse. M. Morineau m'a signalé l'existence de la cassitérite dans les alluvions des environs de Montebras.

POLIANITE

(*PYROLUSITE*)

$Mn\,O^2$

Le bioxyde de manganèse se rencontre surtout dans la nature en cristaux orthorhombiques (pyrolusite) qui ont été longtemps considérés comme la forme naturelle du $Mn\,O^2$. Il n'en est rien cependant, ces cristaux ne sont que des pseudomorphoses de manganite en polianite. C'est avec cette signification que j'emploie ici le terme de pyrolusite.

Quadratique.

$$b : h = 1000 : 469{,}993. \quad D = 707{,}107.$$
$$[a : c = 1 : 0{,}66467 \text{ (Edw. Dana)}].$$

Formes et faciès. La polianite a la forme dominante des cristaux prismatiques de cassitérite, avec tantôt $b^{1/2}$ (111) et tantôt a^1 (101) comme pointement dominant, avec ou sans a_5 (321) ; les cristaux se groupent à axes parallèles pour donner des cristaux à sommets arrondis et à aspect orthorhombique, ils se groupent aussi sur la manganite. Dans les gisements français, la polianite n'a pas été trouvée en cristaux indépendants ; elle constitue toujours des pseudomorphoses de manganite (*pyrolusite*).

Clivages. Clivage parfait suivant *m* (110). Cassure inégale. Fragile.

Dureté. 6 à 6,5. La pyrolusite est beaucoup moins dure : 2 à 2,5 ; mais cette dureté paraît due à la structure peu homogène des pseudomorphoses que constitue le minéral et à la finesse de ses aiguilles ; il me semble que l'on peut à ce point de vue comparer réciproquement la polianite cristallisée et la pyrolusite à la trémolite cristallisée et à ses variétés asbestiformes.

Densité. 4,80 à 5,026 (polianite), 4,73 à 4,86 (pyrolusite).

Coloration et éclat. Gris d'acier ou gris de fer. Poussière noire. Éclat métallique. Opaque.

Composition chimique. La composition théorique est la suivante :

Mn.....	63,1
O.....	36,9
	100,0

La pyrolusite renferme toujours une petite quantité d'eau due à une décomposition incomplète de la manganite.

Essais pyrognostiques. Infusible. Sur le charbon perd 12 % d'oxygène, en se transformant en $Mn^3 O^4$. Donne avec le sel de phosphore et le borax la perle colorée du manganèse (violet améthyste au feu oxydant et rose au feu réducteur).

Soluble dans l'acide chlorhydrique avec dégagement de chlore.

Diagnostic. Voir à *manganite*.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

N'ayant jamais trouvé dans les gisements français la polianite que sous forme de pseudomorphose (*pyrolusite*) de manganite, il ne me paraît pas possible de disjoindre l'étude des gisements de ces deux

minéraux, d'autant plus que dans la plupart d'entre eux, on trouve des passages nombreux entre la manganite intacte et des types de moins en moins riches en eau. Je renvoie donc plus loin à l'article *manganite*.

GROUPE DU CORINDON

Ce groupe comprend les deux espèces rhomboédriques holoèdres et isomorphes suivantes :

Corindon..... Al^2O^3
Hématite..... Fe^2O^3

Il faut y adjoindre le composé Ti^2O^3 qui n'a pas été rencontré dans la nature, mais qui existe comme mélange isomorphe dans les hématites titanifères $(Fe,Ti)^2O^3$.

CORINDON

Al^2O^3

Rhomboédrique : $pp = 86°4'$
$[a : c = 1 : 1{,}3630$ (Miller).]

Formes observées. a^1 (0001); p $(10\bar{1}1)$; d^1 $(11\bar{2}0)$; e_3 $(22\bar{4}3)$; $z = (d^{1/7}\, d^1\, b^{1/5})$ $(22\bar{4}1)$; $\theta = (d^{1/9}\, d^1\, b^{1/7})$ $(8.8.\bar{16}.3.)$; $\omega = (d^{1/45}\, d^{1/3}\, b^{1/39})$ $(14.14.\bar{28}.3)$.

Macles. Macles suivant p $(10\bar{1}1)$, souvent polysynthétiques, accompagnées de plans de séparation.

Les mesures suivantes ont été prises sur des cristaux du Coupet.

	Angles calculés.	mesurés.
$^*a^1\, p$	122°26′	122°30′ Lx
$a^1\, e_3$	118°49′	118°53′ Lx
$a^1\, z$	100°24′	100°15′ Lx
$a^1\, \theta$	97°50′	
$a^1\, \omega$	94°30′	
pp	86°4′	

	Angles calculés.	mesurés.
$e_3\, e_3$ adj.	128°2′	128°10′ Lx
zz	121°5′	
$\theta\theta$	120°37′	
$\omega\omega$	120°12′	
pd^1	136°58′	136°50′ Lx

Faciès des cristaux. Les cristaux de corindon se rapportent à plusieurs types distincts.

Type I. Les cristaux dépourvus de base, sont essentiellement constitués par des isoscéloèdres très aigus passant à des prismes, et sont alors allongés suivant l'axe vertical.

Type II. Les cristaux dépourvus de base, sont constitués par des rhomboèdres p $(10\bar{1}1)$ ou des rhomboèdres aigus.

Type III. Les cristaux sont basés, plus ou moins allongés suivant l'axe vertical ; ils sont constitués par le prisme d^1 $(11\bar{2}0)$ avec ou sans isoscéloèdres, ou par des isoscéloèdres très aigus ; c'est le type de la plupart des cristaux français décrits plus loin.

Type IV. Les cristaux sont très aplatis suivant la base et bordés soit par un prisme (fig. 8), soit par le rhomboèdre p $(10\bar{1}1)$. Ces derniers cristaux ont la forme de ceux qui ont été obtenus dans les nombreuses synthèses effectuées depuis quelques années et notamment par fusion ; je ne pense pas que l'existence de semblables cristaux dans la nature implique nécessairement pour eux ce dernier mode de genèse ; l'étude des cristaux des contacts granitiques démontre en effet que des cristaux de cette forme s'y sont produits par un autre procédé.

Les cristaux de corindon ont rarement des faces brillantes ; leurs faces et leurs arêtes sont souvent courbes ou raboteuses. Les faces de la zone a^1 (0001), d^1 $(11\bar{2}0)$ sont souvent striées parallèlement à leur intersection mutuelle. Les faces a^1 (0001) portent des stries en escaliers parallèles aux arêtes a^1 p. Dans d'autres cas, elles possèdent des stries partant du centre et perpendiculaires aux arêtes a^1 d^1 (fig. 1).

Le corindon se trouve non seulement en cristaux distincts, mais en masses clivables ou plus ou moins finement grenues ; ces dernières sont généralement mélangées de magnétite, de spinelle, de mica, etc. et constituent l'*émeri*.

Clivages. Il n'existe pas à proprement parler de clivages, mais des plans de séparation parfois interrompus, suivant a^1 (0001), ainsi que suivant p $(10\bar{1}1)$, ces derniers sont dûs à des macles. Cassure inégale à conchoïde.

Dureté. 9.

Densité. 3,95 à 4,1.

Coloration et éclat. Colorations très variées : incolore, gris bleu, rouge, violet, vert, brun. Poussière incolore, blanc laiteux et opales-

cente. Le pigment coloré est d'ordinaire très irrégulièrement réparti (fig. 1) et souvent en rapport avec des accidents de structure.

Les variétés transparentes d'un rouge foncé constituent le *rubis*, les bleues, le *saphir*; les autres variétés suivant leur couleur portent le nom d'*émeraude*, de *topaze*, d'*améthyste orientale*, ou de *saphir vert*, *jaune*, *violet*.

Propriétés optiques. Uniaxe et négatif (n_p).

$n_g = 1{,}7676$	saphir	1,7675	rubis (Dx)
$n_p = 1.7594$		1,7592	
$n_g - n_p = 0{,}0082$		0,0083	

L'astérisme du corindon est dû à de petites inclusions aciculaires de rutile, groupées parallèlement aux arêtes p d^1 ou encore à des réflexions se produisant suivant les plans de séparation p.

Le corindon présente de fréquentes anomalies optiques consistant en plages biaxes mélangées à d'autres uniaxes, tantôt sans régularité, tantôt autour d'inclusions de zircon par exemple (von Lasaulx); elles sont plus souvent en relation avec les zones différemment colorées et M. Brauns s'est servi de cette observation pour les attribuer à l'action de mélanges isomorphes (Fe^2O^3, etc).

Mallard qui a décrit des cristaux divisés en secteurs réguliers considère ces propriétés comme dues à la symétrie rhombique du réseau : M. Tschermak le considère comme monoclinique.

Les phénomènes de biaxie sont nets dans qnelques cristaux du Coupet et de la Mercredière, surtout dans ceux où ils sont en rapport avec la distribution du pigment bleu.

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est fort net[1] dans le corindon, mais inégalement intense suivant sa couleur; il est surtout net dans les variétés bleues.

n_g = bleu
n_p = vert ou bleuâtre, ou incolore.

Phosphorescence. Phosphorescent avec une couleur cramoisie, donnant au spectroscope une double raie cramoisie.

1. Le pléochroïsme du corindon a été observé pour la première fois par Faujas de Saint-Fond (*Recherches sur les volcans éteints du Vivarais et du Velay*, 1778-1885) qui a décrit un cristal de saphir d'Espaly vert émeraude pour les rayons perpendiculaires à l'axe, et bleu foncé pour ceux parallèles à l'axe.

Composition chimique. La formule Al^2O^3 correspond à la composition :

$$\begin{aligned} Al &= 52,9 \\ O &= 47,1 \\ \hline & 100,0 \end{aligned}$$

Le corindon incolore a cette composition ; la coloration est d'ordinaire due à des traces de chrome ou de fer (pour certains saphirs). Les variétés non hyalines renferment quelques impuretés. Quant à l'émeri, c'est comme on l'a vu plus haut une véritable roche, riche en minéraux étrangers : magnétite, micas, etc.

Essais pyrognostiques. Infusible. Inattaquable par les acides et les alcalis. Attaqué complètement par fusion avec le sulfate de chaux ou le bisulfate de potasse. Longtemps chauffé avec la solution d'azotate de cobalt, donne la coloration bleue de l'alumine.

Altérations. Le corindon, malgré sa résistance aux agents chimiques des laboratoires, présente dans la nature de nombreuses altérations en divers minéraux auxquels il fournit de l'alumine : damourite, spinelles, disthène, sillimanite, margarite, etc.

Grâce à son infusibilité et en même temps à la résistance relativement grande qu'il présente à l'action des magmas volcaniques, trachytiques ou basaltiques, le corindon constitue avec le zircon le résultat ultime de la fusion ou de la digestion par ceux-ci de leurs enclaves de roches granitiques (voir plus loin) ; le corindon a subi cependant de la part du magma une corrosion superficielle, presque constante dans les cristaux du Velay.

Diagnostic. La forme, la dureté, la densité, la résistance aux agents chimiques constituent les meilleurs caractères distinctifs du corindon qui, dans les lames minces des roches, se distingue facilement en outre, grâce à sa très haute réfringence et sa biréfringence faible ; dans les roches, il est en général bleu.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Le corindon se rencontre dans des gisements variés :

1° dans les roches éruptives ;

2° dans les roches métamorphisées par le granite ;

3° dans les schistes cristallins ;

4° dans les alluvions.

1° *Dans les roches éruptives.*

a) *Dans la granulite.*

Bretagne. — *Loire-Inférieure.* M. Baret a découvert à la Mercredière en le Pallet des cristaux de corindon (*B. S. M.* VIII. 438. 1885) qui ne se rencontrent qu'à l'état épars dans une terre cultivée. Le gisement se trouve près de l'hectomètre 8, à gauche et sur le bord de la route allant à la Haie-Fouassière (près du tournant d'un chemin voisin d'une petite construction). La région est constituée par des schistes précambriens granulitisés ; les talus de la route montrent en place un schiste amphibolique. Le corindon provient-il de cette roche ou d'un filonnet de granulite, c'est là ce que je ne puis dire avec certitude, les recherches que nous avons effectuées, M. Baret et moi n'ayant pu nous faire trouver le minéral adhérant à une gangue ; je l'étudie cependant ici, ses cristaux supportant parfois des paillettes de muscovite. Les cristaux ayant de 12 à 14^{mm} de plus grande dimension sont des isoscéloèdres imparfaits à faces raboteuses qui, sur a^1, montrent une coloration bleu foncé avec zones blanches dont la disposition est représentée par la fig. 1.

Fig. 1.
Corindon (saphir) de la Mercredière, face a^1, montrant l'inégale distribution de la couleur bleue (*grossissement de 5 diamètres*).

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées.* Un isoscéloèdre arrondi de corindon gris ayant 1^{cm}, 7 suivant l'axe vertical a été rencontré par M. Frossard (*B.S.M.* XIV. 77. 1891) dans un filon de pegmatite grise, entre Pouzac et Ordizan.

Ariège. J'ai trouvé de jolis grains de corindon d'un bleu foncé dans l'andalousite rose d'un filon traversant les micaschistes au col même de Cadènes, dans le massif du pic Saint-Barthélemy.

Plateau Central. — *Haute-Loire.* Des cristaux de corindon se rencontrent, bien que très rarement, dans les bombes de granulite qui abondent dans les tufs et brèches basaltiques de la Haute-Loire (le Croustet et Denise près le Puy, le Coupet) ; ils y accompagnent le zircon [1]. Je ne cite ici ces enclaves que pour rappeler qu'elles indiquent

1. Le soi-disant corindon bleu signalé autrefois au Mont-Blanc est le béryl étudié tome II, p. 20.

la véritable origine des cristaux de corindon que l'on rencontre épars dans les tufs ou englobés dans les laves et qui sont étudiés plus loin.

C'est également dans un fragment de granulite enclavé dans le basalte du Pertuis que j'ai trouvé de petits cristaux de corindon bleu.

Puy-de-Dôme. J'ai recueilli dans la néphélinite du Puy de Saint-Sandoux (Barneire) une petite enclave de granite, riche en cristaux prismatiques de corindon d'un beau bleu foncé qui mesurent 2 mm. suivant l'axe vertical.

Madagascar. — Des cristaux de corindon bleuâtre ou gris opaque m'ont été remis récemment comme provenant du Betsiriry, sans indication plus précise : ils présentent les faces a^1 p, avec d^1 ou des isoscéloèdres très aigus voisins du prisme. Ces cristaux sont associés à de la muscovite qui est fréquemment accolée sur leurs faces.

b) *Dans les roches volcaniques.*

Le corindon ne se rencontre comme élément normal d'aucune roche volcanique d'Auvergne, je l'ai seulement trouvé dans une enclave de sanidinite; il existe par contre avec une certaine abondance, comme enclave énallogène, dans un assez grand nombre de basaltes et de roches voisines.

α) Comme produit normal d'enclaves homœogènes.

Plateau Central. — *Cantal.* J'ai recueilli dans le trachyte de Menet une enclave homœogène de sanidinite, extrêmement riche en corindon; celui-ci doit être considéré comme un élément normal de cette sanidinite. Les cristaux ont des faces peu nettes et ne peuvent être détachés entiers; on distingue cependant leur forme hexagonale avec des plans de séparation difficiles suivant p $(10\bar{1}1)$ et a^1 (0001). Ils sont de couleur très pâle, d'un blanc laiteux avec des taches d'un bleu saphir; ils ne dépassent pas 5 mm. de plus grande dimension.

β) Comme enclaves énallogènes.

Plateau Central. — *Haute-Loire.* Le corindon n'est pas rare

1. La cordiérite hyaline d'un beau bleu est très abondante dans ces granulites, c'est elle que beaucoup d'auteurs ont signalée comme corindon.

dans les tufs et les brèches basaltiques du Velay, ainsi que dans le sable des ruisseaux résultant de leur désagrégation. Il y est connu depuis plusieurs siècles; il était autrefois exclusivement recueilli dans le Riou Pezzouliou, près d'Espaly à la porte du Puy. Faujas de Saint-Fond a décrit ce gisement (*Rech. sur les volc. éteints du Vivarais et du Velay*, 1778. p. 187) qui est le même que celui du zircon. Les autres localités où le corindon a été rencontré sont : le Croustet d'où sort le ruisseau le Riou Pezzouliou, le volcan du Coupet (en Mazeyrat-Crispinhac et en Saint-Eble), Taulhac, Saint-Jean de Nay, Vialette, Bilhac, les Estreix, la Croix de la Paille, Sainzelle, Ours, Mons, etc., mais ce sont les deux premiers gisements qui ont fourni le plus de cristaux ; d'après L. Pascal, on aurait recueilli jadis en une seule année plus de 10.000 carats de corindon au Coupet.

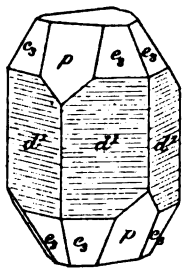


Fig. 2.

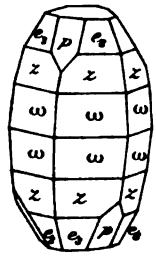


Fig. 3.

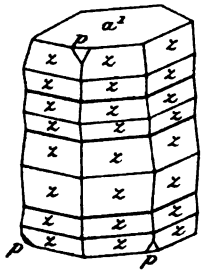


Fig. 4.

Corindon des tufs du Coupet (*Haute-Loire*).

Le corindon se rencontre parfois englobé dans le basalte (Croustet, Denise, Bilhac, Vialette, Taulhac, Vissac). Plus rarement encore, comme je l'ai dit plus haut, il est resté adhérent à la granulite qui constitue sa gangue originelle.

Parmi les nombreux cristaux que j'ai eu l'occasion d'étudier, les échantillons du Coupet sont les plus volumineux ; ils atteignent assez fréquemment 3 cm. de plus grande dimension, leurs faces sont presque toujours arrondies, corrodées par le magma basaltique qui les a englobés ; ce n'est que très exceptionnellement que l'on rencontre des cristaux intacts, présentant des faces assez brillantes pour se prêter à des mesures goniométriques.

Tous les cristaux que j'ai observés se rapportent au type III ; ils sont plus ou moins allongés suivant l'axe vertical, toujours basés, avec fréquemment des escaliers triangulaires sur a^1 (0001) (fig. 6). Ils pré-

sentent assez rarement le prisme hexagonal d^1 (11$\bar{2}$0) seul (fig. 2); le plus souvent, il est accompagné ou remplacé par des isoscéloèdres aigus, dont les faces sont très irrégulièrement développées (fig. 6).

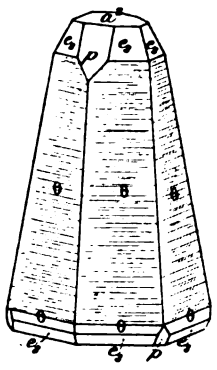


Fig. 5.

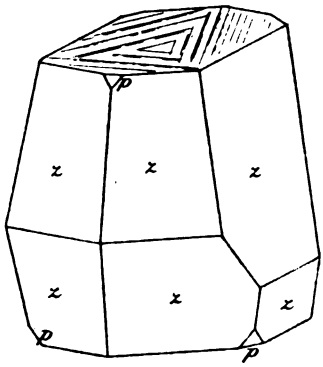


Fig. 6.

Corindon du Coupet à faciès dissymétrique.

Fréquemment les faces de l'une des extrémités du cristal prennent un développement exagéré aux dépens des autres, le cristal offre alors l'aspect hémimorphe de la fig. 5.

Très souvent les cristaux de corindon du Velay présentent des cannelures parallèles à une arête a^1 e_3; elles sont dues à des empilements à axes parallèles d'un grand nombre d'individus, ayant les mêmes formes, mais présentant un développement très inégal de leurs diverses faces; tel est le cas du cristal représenté par la figure 4.

Les deux seuls cristaux m'ayant fourni des mesures possibles sont, l'un, un petit cristal d'un bleu pâle, présentant les combinaisons a^1, d^1, p, e_3, avec faces d^1 très striées horizontalement (fig. 2), l'autre un cristal verdâtre offrant les formes a^1, e_3 et un isoscéloèdre voisin de θ (8.8.$\bar{16}$.53), mais ne donnant pas avec a^1 de mesures assez nettes (= 96°56′) pour que l'on puisse affirmer qu'il en diffère.

Fig. 7.

Corindon du Croustet montrant les stries dues aux plans de séparation suivant p : il est entouré par une zone fibreuse de sillimanite (*grossissement de 5 diamètres*).

Des mesures approximatives effectuées sur une série de cristaux à faces arrondies me font penser que les isoscéloèdres les plus habituels sur les cristaux communs sont z (22$\bar{4}$1), θ (8.8.$\bar{16}$.3) et ω (14.14.$\bar{28}$.3). La figure 3 empruntée à M. Dana représente la réunion schématique de quelques-unes de ces formes.

Le rhomboèdre p (10$\bar{1}$1), est assez fréquent, mais le plus souvent ne constitue que de très petites faces.

La collection du Muséum possède un petit cristal de corindon du Croustet qui est entouré par une croûte fibreuse de sillimanite semblable à celle qui est connue dans les cristaux de la Caroline du Nord. La fig. 7 représente cet échantillon qui paraît être une rareté parmi les corindons du Velay.

Madagascar. — J'ai observé récemment un gros cristal noirâtre de corindon, trouvé avec ferropicotite, dans les tufs basaltiques des environs de Diégo-Suarez (type de la fig. 6).

2° *Dans les roches métamorphisées par les roches éruptives.*

a) *Dans les contacts du granite.*

Bretagne. — *Finistère*. Le corindon n'est pas rare dans des enclaves de leptynolites rencontrées au milieu du granite de la petite carrière de Pont-Paul près Morlaix. Il est uniformément réparti dans la roche sous forme de petites tables hexagonales d'un bleu foncé ayant de 1 à 2 mm. de plus grande dimension et présentant les formes a^1 (0001) et d^1 ($11\bar{2}0$).

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées*. Le contact du granite et des schistes paléozoïques se voit aux environs de Cauterets, au pied de la Soum de Liar, vis-à-vis le pont de la route conduisant à la Raillière. C'est à environ 150 mètres au-dessus de ce pont, que j'ai recueilli, dans une leptynolite en place, de jolis cristaux de corindon avec les mêmes formes que celui de Morlaix. Ce corindon a été produit par le même procédé que celui de Pont-Paul et dans des conditions analogues, mais il se trouve dans une roche en place et non dans des enclaves, de telle sorte que l'on peut affirmer qu'il n'a pas cristallisé sous l'influence de la fusion ignée, mais bien sous celle de minéralisateurs.

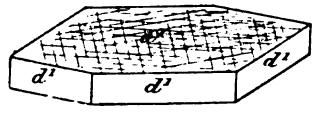


Fig. 8.
Corindon de Pont-Paul et de la Soum de Liar (contacts du granite).

Haute-Garonne. L'examen microscopique de la gédrite[1] que l'on

1. J'ai indiqué page 638 tome II, que cette gédrite provient peut-être de schistes paléozoïques granulitisés. Cette hypothèse s'est trouvée vérifiée par la découverte de la gédrite faite par M. Nentien à Caillaouas (*Haute-Garonne*). Depuis lors, j'ai pu recueillir ce minéral en place, dans les schistes paléozoïques au contact du granite à la sortie même du lac de Caillaouas ainsi qu'au glacier des Gourgs Blancs.

trouve en blocs éboulés à Gèdres m'a fait y découvrir d'abondants grains de corindon bleu, mélangés à du spinelle vert.

Haute-Garonne. J'ai rencontré le corindon dans les mêmes conditions qu'à Gèdres, au lac de Caillaouas au fond de la vallée du Louron. Il y est associé à du spinelle vert, à de la staurotide, de l'andalousite, de la sillimanite dans des schistes métamorphisés par le granite. Le corindon et le spinelle enchevêtrés l'un dans l'autre forment souvent une gaine à la staurotide : il semble qu'ils se soient produits par corrosion de ce minéral.

b) *Dans les enclaves énallogènes comme produit métamorphique.*

Dans les cas qui ont été passés en revue plus haut, le corindon est un élément primordial d'enclaves énallogènes, il existe aussi dans d'autres enclaves énallogènes des trachytes et des andésites, mais comme produit dû à l'action métamorphique exercée par le magma volcanique. J'ai décrit des cas de ce genre dans « *les Enclaves des roches volcaniques* ».

Dans les fragments de gneiss englobés par le trachyte de Fontenille près Champeix, des Chazes près le Lioran, on voit fréquemment au microscope de grands cristaux d'andalousite transformés en partie ou en totalité en un agrégat de corindon et de spinelle vert (voir tome I, p. 31, fig. 11). Ce corindon incolore ou bleu en lames minces est toujours formé par des rhomboèdres basés à faces creuses.

3° *Dans les schistes cristallins.*

Pyrénées. — *Ariège.* La seule localité à signaler[1] dans ce genre de gisement (qui à Ceylan, en Birmanie et au Siam fournit les rubis et les saphirs) est celle d'Arignac. J'y ai rencontré le corindon bleu en grains microscopiques dans les cipolins intercalés dans les gneiss ; il y accompagne le spinelle, la phlogopite, les humites, etc.

4° *Dans les sables et dans les alluvions.*

Le corindon se rencontre dans les sables résultant de la désagrégation des diverses roches indiquées plus haut comme constituant le gisement

1. Le corindon existe toutefois comme élément microscopique normal dans certains gneiss à cordiérite du Puy-de-Dôme : je l'ai en effet trouvé en cristaux anciens dans les enclaves gneissiques à cordiérite, andalousite des trachytes du Capucin au Mont-Dore.

originel de ce minéral. Il s'y concentre, grâce à sa grande dureté et à sa résistance aux actions chimiques avec les autres minéraux lourds (zircon, grenats, métaux précieux, etc.). Je ne m'occuperai pas des gisements (Bassins de l'Océan, de la Méditerranée, Morvan, etc.), où ce minéral ne se trouve qu'en grains microscopiques. Leur seul intérêt est de montrer que le corindon est plus abondant comme élément des roches qu'on ne le suppose généralement. Je citerai seulement un gisement important, en plus de celui d'Espaly que j'ai décrit dans un autre paragraphe à cause de ses relations constantes avec les tufs basaltiques.

Madagascar. — Les sables aurifères des environs de Mevatanana, (Suberbieville) et ceux d'Ambositra, de Bétafo ont fourni des cristaux de corindon présentant la plus grande analogie avec ceux du Coupet, mais possédant, dans la plupart des échantillons que j'ai examinés une teinte uniforme d'un bleu extrêmement foncé ; aussi ne peut-on en extraire pour la taille que des saphirs d'un bleu presque noir.

J'ai observé cependant aussi des corindons limpides, roses ou verdâtres, dans des résidus de lavage du Bélambo que je dois à l'obligeance de M. Suberbie. Leurs cristaux, très roulés, sont accompagnés de zircon rouge, de grenat, de spinelle, de cymophane, de tourmaline polychrome. Il me semble probable que leur gisement originel devra être recherché dans des filons granulitiques ou dans les gneiss.

Il est à noter que le corindon et le spinelle d'un vert clair de ce gisement ont une couleur tellement identique qu'il est nécessaire de les examiner en lumière polarisée pour pouvoir les distinguer l'un de l'autre.

HÉMATITE

(*OLIGISTE*)

Fe^2O^3.

Rhomboédrique : $pp = 86°10'$.

[$a : c = 1 : 1{,}35914$ (Miller [1])].

1. M. Dana adopte avec Kokscharoff $pp = 86°$ d'où $c = 1{,}3656$. Voici la

Formes observées. a^1 (0001); d^1 (11$\bar{2}$0); e^2 (10$\bar{1}$0); p (10$\bar{1}$1), a^4 (10$\bar{1}$2), a^2 (10$\bar{1}$4); $a^{1/2}$ (01$\bar{1}$5); b^1 (01$\bar{1}$2), $e^{1/2}$ (01$\bar{1}$1), e^1 (02$\bar{2}$1); Isoscéloèdres: b^2 (11$\bar{2}$3), $\varphi = (b^{1/7}\, b^{1/10}\, b^{1/13})$ (1.1.$\bar{2}$.10); $e_3 = (d^{1/3}\, d^1\, b^1)$ (22$\bar{1}$3), $z = (d^{1/7}\, d^1\, b^{1/5})$ (22$\bar{4}$1), $\omega = (d^{1/9}\, d^1\, b^{1/7})$ (8.8.$\bar{1}$6.3).

Scalénoèdres directs : e_5 (42$\bar{6}$5), $e_{19/4}$ (15.8.$\bar{2}$3.19), $e_{22/5}$ (17.10.$\bar{2}$7.22), e_4 (32$\bar{5}$4), $\sigma = e_{10/3}$ (7.6.$\bar{1}$3.10), $e_{30/12}$ (17.24.$\bar{5}$1.39), $e_{19/6}$ (13.12.$\bar{2}$5.19), $e_{37/12}$ (25.24.$\bar{4}$9.37) voisin de e_3 (21$\bar{4}$3); scalénoèdres inverses : $e_{59/24}$ (35.48.$\bar{8}$3.59) voisin de $e_{5/2}$ (34$\bar{7}$5), e_2 (12$\bar{3}$2), $e_{8/5}$ (3.10.$\bar{1}$3.8).

Macles. 1° Macles suivant l'axe ternaire se produisant par des modes variés, soit par accolement, soit par pénétration : *a*), suivant la base a^1 (0001), (fig. 18), *b*) suivant un plan perpendiculaire à a^1, c'est-à-dire suivant une face de la zone verticale, qui est généralement e^2 : dans ce dernier cas, tantôt la macle est binaire (fig. 9) et tantôt elle se produit un plus grand nombre de fois (fig. 10), donnant même parfois naissance à un assemblage à symétrie pseudosénaire (fig. 12). Les macles binaires présentent le plus généralement dans l'hématite du Mont-Dore un allongement plus ou moins considérable suivant l'arête pa^1 de la zone qui contient la face d'accolement de la macle.

2° Macles suivant p (10$\bar{1}$1), parfois linéaires (fig. 15). Elles se présentent parfois comme dans le corindon, sous forme de lames polysynthétiques, et déterminent alors des plans de séparation parallèles à p.

Les angles mesurés suivants ont été observés par M. Schweitzer sur les cristaux de Framont (S.), par M. Gonnard (G.) ou par moi-même sur ceux du Mont-Dore (Lx.), de Beni Saf (Lx^1.), de Pouzac (Lx^2.), de Pontacq (Lx^3.), de Saint-Arnaud (Lx^4.).

correspondance des symboles de Lévy en Miller pour les formes données plus haut :

a^1	(111)	e^1	(11$\bar{1}$)	e_4	(41$\bar{1}$)
d^1	(10$\bar{1}$)	b^2	(210)	$e_{10/3}$	(10.3.$\bar{3}$)
e^2	(11$\bar{2}$)	φ	(13.10.7)	$e_{30/12}$	(39.12.$\bar{1}$2)
p	(100)	e_3	(31$\bar{1}$)	$e_{19/6}$	(19.6.$\bar{6}$)
a^4	(411)	z	(71$\bar{5}$)	$e_{37/12}$	(37.12.$\bar{1}$2)
a^2	(211)	ω	(91$\bar{7}$)	$e_{59/24}$	(59.24.$\bar{2}$4)
$a^{1/2}$	(221)	e_5	(51$\bar{1}$)	$e_{5/2}$	(52$\bar{2}$)
b^1	(110)	$e_{19/4}$	(19.4.$\bar{4}$)	e_2	(21$\bar{1}$)
$e^{1/2}$	(22$\bar{1}$)	$e_{22/5}$	(22.5.$\bar{5}$)	$e_{8/5}$	(85$\bar{5}$)

	Angles calculés.	mesurés.
$a^1\ a^2$	158°35′	
$a^1\ a^4$	141°53′	141°48′ Lx^4
$a^1\ p$	122°30′	122°33′ à 45′ S
$a^2\ p$	95°37′	94°29′ S
$a^1\ e^2$	90°	
$a^1\ a^{1/2}$	162°34′	162° env. G
$a^1\ b^1$	141°52′	141°46′
$a^1\ e^{1/2}$	122°30′	122°50′ Lx^2
$a^1\ e^1$	107°40′	107°38′ Lx^1
pe^1 adj.	129°50′	129°49′ Lx^1
$a^1\ \varphi$	164°48′	164°30′ S
$a^1\ b^2$	137°49′	137°4′ Lx
$a^1\ e_3$	118°53′	118°38′ Lx′ 53′ Lx
$e_3\ e_3$ s. d^1	122°14′	122°12′ Lx^1 25′ à 30′ S
$e_3\ z$	161°32′	161°28′ Lx^2
$a^1\ z$	100°25′	100°20′ Lx, 30′ Lx^2
zz sur d^1	159°10′	159°15′ Lx^1
$a^1\ \omega$	94°33′	94°38′ Lx^1
$a^1\ d^1$	90°	
$a^1\ e_2$	115°43′	115°43′ Lx 50′ Lx
$a^1\ e_5$	121°3′	121° Lx
$a^1\ e_4$	120°19′	
$a^{1/2}\ a^{1/2}$	149°56′	
$a^2\ a^2$	143°7′	
$a^4\ a^4$	115°22′	115°18′ Lx^3 32′ Lx^4
$^*pp$	86°10′	
pb^2	152°42′	
pb^1	153°5′	
pd^1 adj.	90°	
$d^1\ b^1$ adj.	90°	
$b^1\ b^1$ s. a^2	115°22′	
$b^1\ a^2$	147°41′	
$e^{1/2}\ e^{1/2}$	86°10′	
$e^1\ e^1$	68°47′	
pe_5	163°43′	163°41′ S 42′ Lx
$pe_{10/4}$	162°54′	162°57′ G
$pe_{22/5}$	161°38′	161°30′ G
pe_4	159°56′	158°53′ S
$pe_{10/3}$	156°20′	156°52′30″ S
$pe_{39/12}$	155°48′	155°41′ G
$pe_{10/6}$	155°14′	155°3′ G
$pe_{37/12}$	154°39′	154°30′ G
pe_3	154°2′	154°6 à 20′ S 154°1′ G
$e_3\ e_3$ s. p	128°4′	
$pe_{5/2}$	149°42′	
$pe_{58/24}$	149°17′	149°18′ G
pe_2	143°51′	
$e_2\ e_3$ adj.	169°49′	170° Lx
$pe_{8/5}$	137°37′	137°21′ G
pe^1 s. e_3	124°24′	124°22′ Lx
pd^1 s. e^1	90°	
$e_2\ e_2$ s. e^1	145°42′	145°25′ Lx
zz adj.	121°5′	

Formes et faciès[1]. Les cristaux d'hématite se présentent avec des faciès assez variés.

1. On désigne sous le nom de *martite* des cristaux de symétrie cubique (généralement des octaèdres réguliers), ayant une poussière rouge et constitués par du Fe^2O^3, parfois mélangé de magnétite (ils sont alors un peu magnétiques). Les cristaux de ce genre et notamment ceux du Mont-Dore ont une structure et une origine différente. Il faut y distinguer : 1° des groupements réguliers d'hématite et de magnétite ou de magnésioferrite ; 2° des cristaux de magnétite pseudomorphisés en hématite (c'est pour ceux-là que je réserve le nom de *martite*) ; enfin, dans certains gisements autres que ceux du Mont-Dore, des pseudomorphoses de pyrite en hématite.

Les cristaux des gisements français appartenant aux deux premières catégories sont étudiés aux articles *magnétite* et *magnésioferrite* (tome IV).

Type I. Cristaux essentiellement constitués par un rhomboèdre et particulièrement par p ($10\bar{1}1$) ; ils sont dans ce cas d'apparence cubique : plus rarement, on observe comme forme dominante des rhomboèdres obtus a^4 ($10\bar{1}2$), etc. La base n'existe pas ou ne forme qu'une petite facette.

Type II. Cristaux caractérisés par la prédominance de l'isoscéloèdre e_3 ($22\bar{4}3$) (fig. 29) ; ils présentent souvent en outre p ($10\bar{1}1$) et a^2 ($10\bar{1}4$) (type de l'île d'Elbe) (fig. 31).

Type III. Cristaux différant de ceux du type I par l'existence de la base ; le rhomboèdre dominant est p (fig. 2 et 28), très rarement b^4 ($01\bar{1}2$) ; e_3 existe fréquemment, et par augmentation de son importance, ce type passe au type V : la macle la plus fréquente de ce type est celle parallèle à p.

Type IV. L'*hématite spéculaire* se rapproche par sa forme du type III, mais ses cristaux sont de grande taille, très aplatis suivant a^1, dont les faces sont fort éclatantes. A l'inverse des cristaux du type précédent qui ne présentent pas d'allongement anormal, ils sont souvent allongés suivant une arête a^1 p et maclés autour de l'axe ternaire. (fig. 5 à 7).

Type V. Cristaux avec une large base (et fréquemment aplatissement parallèlement à celle-ci) et l'isoscéloèdre e_3 ($22\bar{4}3$) dominant ; p est fréquent (fig. 20 à 22), mais souvent peu développé : c'est le type II aplati suivant la base. Les cristaux de ce type sont parfois empilés en grand nombre parallèlement à la base, donnant ainsi un assemblage à faciès prismatique (fig. 23).

Fig. 1.
Eisenrose : Cristaux d hématite titanifère du type V groupés en rosettes.

Type VI. Cristaux basés, avec prisme d^1 ($11\bar{2}0$) dominant (fig. 17), parfois remplacé par des isoscéloèdres très aigus voisins de d^1 (Pouzac) (fig. 19), (c'est le type III du corindon) ; plus rarement le prisme dominant est e^2 ($10\bar{1}0$),il est parfois associé à d^1 (fig. 32.)

Ces cristaux sont soit aplatis suivant la base soit allongés suivant l'axe vertical (fig. 17).

Les types III et V constituent souvent des cristaux très aplatis suivant a^1 qui se groupent en grand nombre à axes imparfaitement parallèles pour donner des assemblages en rosettes parfois très régulièrs (*eisenrose*) (fig. 1).

Les faces a^1 (0001) sont souvent convexes par suite d'oscillation avec a^2 ($10\bar{1}4$), dont les faces sont elles-mêmes courbes. Elles sont parfois striées parallèlement à une arête $a^1\ a^{1/2}$. Dans l'hématite spéculaire, elles présentent les particularités de structure décrites page 256 (fig. 8).

Le rhomboèdre $a^{1/2}$ se présente sous forme de faces ternes ou moirées, très striées parallèlement à leur intersection avec a^1 (fig. 3).

L'hématite se trouve aussi en lamelles micacées ou en lames plus épaisses, empilées parallèlement à leur base, en masses columnaires, concrétionnées, fibreuses, botroydes, réniformes, stalactiformes, oolitiques et pisolitiques, en masses grenues ou compactes, enfin il existe des variétés terreuses plus ou moins impures (*ocre rouge*).

L'*itabirite* est une roche schisteuse essentiellement constituée par des paillettes d'hématite, associées à du quartz, de la magnétite, etc.

Clivages. L'hématite ne présente pas de clivages, mais des plans de séparation suivant a^1 (0001) et suivant p ($10\bar{1}1$) ; ces derniers sont dûs à des macles polysynthétiques. Cassure inégale ou un peu conchoïde ; cassure lisse dans les variétés réniformes.

Dureté. 5,5 à 6,5. Les lames minces sont élastiques, les cristaux sont fragiles ; les variétés écailleuses ou terreuses sont tendres et douces au toucher.

Densité. 4,9 à 5,3. 5,2 à 5,25 (cristaux) ; les variétés compactes ou terreuses ont souvent une densité inférieure à 4,5.

Coloration et éclat. Les cristaux et les masses grenues sont d'un gris d'acier ou d'un noir de fer. Les écailles, assez minces pour être transparentes, sont d'un rouge de sang ; les variétés terreuses sont rouges.

Éclat métallique souvent très vif dans les cristaux, extrêmement éclatant dans l'*hématite spéculaire* dont les faces a^1 peuvent servir de miroir, ainsi que l'indique leur nom. Poussière rouge cerise à brun rouge. Opaque, sauf en écailles ou en lames très minces.

Propriétés optiques. Uniaxe et négative (n_p).

$$n_g = 3{,}042 \text{ Wülfing}$$
$$n_p = 2{,}797$$
$$n_g - n_p = 0{,}245$$

Pléochroïsme. L'hématite est pléochroïque.

n_g = rouge brun
n_p = rouge jaunâtre

Propriétés magnétiques. Quelques variétés sont un peu magnétiques et quelquefois magnétipolaires (mélange avec de la magnétite). La conductibilité électrique est près de deux fois plus grande parallèlement à la base que perpendiculairement à celle-ci.

Composition chimique. La composition correspondant à la formule Fe^2O^3 est la suivante :

Fe.....	70
O.	30
	100

L'hématite renferme parfois du titane et passe alors à l'ilménite ; je range ici toutes les variétés renfermant moins de 10% de titane et notamment les cristaux d'*eisenrose* des Alpes.

De très nombreuses analyses de *minerais* d'hématite plus ou moins purs provenant de gisements français ont été publiées par Berthier (*Essais par la voie sèche*, II. 223. 1834) et plus récemment par M. Carnot (*A. M.* LXVIII. 5 à 163. 1890) ; elles ont surtout un intérêt au point de vue de la richesse en fer des minerais des localités dont ils proviennent.

Groupements réguliers avec d'autres minéraux. Pour les remarquables groupements réguliers de l'hématite avec la magnétite, la magnésioferrite, la biotite et le rutile, voir à la description de ces espèces.

Essais pyrognostiques. Infusible au chalumeau, mais au feu réducteur se transforme en magnétite qui agit énergiquement sur l'aiguille aimantée. Donne toutes les réactions colorées du fer.

Soluble dans l'acide chlorhydrique concentré ; la dissolution est facilitée par l'addition d'un peu d'iodure de potassium.

Altérations. L'hématite, par réduction sous l'influence de matière organique, peut donner de la magnétite, du protoxyde de fer qui se transforme en sidérite; elle peut se transformer en limonite, en pyrite, etc.

Diagnostic. La coloration rouge de la poussière, la plus facile solubilité dans l'acide chlorhydrique, font distinguer l'hématite de l'ilménite, qui a des formes voisines, mais dont la couleur est plus noire ; l'absence de magnétisme énergique et la couleur de la poussière constituent un bon diagnostic différentiel de la magnétite, en cas d'absence de formes géométriques. Les variétés compactes rouges sont moins denses que le cinabre de même couleur qui se distingue facilement en outre grâce à ses propriétés pyrognostiques.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

L'hématite est très abondante dans les gisements les plus divers qui vont être passés en revue plus loin ; elle se trouve aussi comme inclusions microscopiques dans un grand nombre de minéraux ou de roches qu'elle colore en rouge ; je me contenterai de cette seule mention pour ce genre de gisement qui n'a qu'un intérêt minéralogique restreint.

1° Dans les roches éruptives ;
2° Dans les roches sédimentaires métamorphisées par les roches éruptives ;
3° Dans les schistes cristallins ;
4° Dans les filons et les gîtes de substitution ;
5° Dans les formations sédimentaires ;
6° Dans les opérations industrielles.

1° *Dans les roches éruptives.*

L'hématite est très répandue dans un grand nombre de roches éruptives et particulièrement dans les types acides (granulites, syénites, rhyolites et trachytes), dans certaines phonolites, etc. Elle n'y joue qu'un rôle accessoire, elle y est d'âge très ancien quand elle est d'origine primaire. Les lames sont micacées, souvent incluses dans la plupart des éléments (quartz, feldspaths, micas, des roches acides, hauÿne des roches à néphéline, etc.) qu'elle colore en rouge.

Ce n'est que comme minéral de fumerolles que l'hématite se trouve en cristaux minéralogiquement intéressants dans les roches éruptives ; les gisements français suivants méritent d'être étudiés à ce point de vue.

a) *Dans les diabases.*

Pyrénées. — Les diabases ophitiques des Pyrénées renferment très fréquemment, comme produit secondaire de remplissage de fentes, de l'hématite qui s'y présente exclusivement sous forme de larges lames, généralement accolées sur les parois des fentes. Elles sont aplaties suivant la base et ne présentent que rarement des faces déter-

minables. Le minéral est, suivant les localités, associé à du quartz, de la calcite, de la dolomite, de l'épidote, de l'asbeste. Je citerai les quelques gisements suivants :

Basses-Pyrénées. Dans le gisement de tourmaline de Lys, l'hématite forme de petites lames hexagonales à stries triangulaires sans faces mesurables autres que p et e_3 $(22\bar{4}3)$; elle est implantée sur du quartz cristallitique et de la dolomite.

A Pontacq, au contraire, ce minéral se trouve parfois en cristaux très nets de 1 à 2 millimètres constitués par le rhomboèdre a^4 $(10\bar{1}2)$, donnant de bonnes mesures, ses faces sont très éclatantes. Il est généralement associé à un rhomboèdre plus obtus, extrêmement strié horizontalement, qui fournit une série ininterrompue de réflexions. Ce même rhomboèdre existe aussi seul, il est alors extrêmement cannelé.

Ariège. On trouve aussi l'hématite lamelleuse en beaux échantillons dans l'ophite à Lordat, Vèbre, Lacourt, etc.

b) *Dans les péridotites (serpentines).*

Nouvelle-Calédonie. — Les serpentines altérées de la Nouvelle-Calédonie renferment une grande quantité de minerais de fer, constitués, soit par de l'hématite compacte, soit par de la limonite ou par le mélange des deux. Ces minerais d'origine secondaire sont associés à de la chromite.

c) *Dans les roches volcaniques (fumerolles).*

Les volcans modernes renferment en grande abondance des cristaux souvent lamelleux d'hématite formés par sublimation, grâce à la réaction à haute température de la vapeur d'eau sur le chlorure de fer. De semblables cristaux sont fréquents dans les fissures des roches et des tufs volcaniques de beaucoup de gisements tertiaires et quaternaires du Plateau Central.

La production de l'hématite dans de semblables conditions est indépendante de la nature chimique et minéralogique de la roche au milieu de laquelle on la rencontre, aussi n'est-ce que pour faciliter les recherches que je considérerai successivement les gisements situés dans les trachytes et les andésites, puis ceux des basaltes.

α) Dans les trachytes et les andésites.

Plateau Central. — *Puy-de-Dôme.* Les gisements les plus remarquables qui ont fourni des échantillons d'une beauté exceptionnelle pouvant rivaliser avec ceux des plus célèbres gisements étrangers connus (Stromboli, Vésuve, etc.), sont situés au Mont-Dore et particulièrement dans les fentes des trachytes à grands cristaux de sanidine du Puy de la Tache et dans ceux de la partie inférieure de la coulée trachytique de la grande cascade du Mont-Dore.

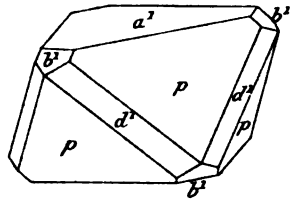


Fig. 2
Hématite du Mont-Dore, type III.

Les cristaux de ces deux gisements ne diffèrent pas les uns des autres au point de vue de leur forme. Quand ils sont de petite taille, ils sont assez épais et appartiennent au type III (fig. 2 et 28). Dès qu'ils sont un peu gros, ils sont minces, extrêmement éclatants et appartiennent à la variété spéculaire (type IV). Ils atteignent alors jusqu'à 8 centimètres de plus grande dimension dans la face a^1 (0001) d'aplatissement. Ils présentent non seulement des macles fréquentes, mais encore de nombreux empilements à axes parallèles. Leurs faces sont souvent creusées de cavités cristallitiques (fig. 4), leurs arêtes sont parfois arrondies et brillantes, comme si elles avaient été fondues.

Les formes constantes dans ces cristaux sont a^1 (0001) et p toujours très développée (type III) ; e_3 (22$\bar{4}$3) et d^1 (11$\bar{2}$0) sont très fréquentes, mais d'ordinaire peu larges. Les formes b^1 (01$\bar{1}$2), e^1 (02$\bar{2}$1), e_5 (42$\bar{6}$5), ne sont pas rares, mais ne constituent jamais que de petites faces ; il en est de même pour une série de scalénoèdres directs $e_{37/12}$ (25.24.$\bar{4}$9.37), $e_{19/6}$ (13.12.$\bar{2}$5.19), $e_{39/12}$ (25.24.$\bar{5}$1.39), $e_{22/5}$ (17.10.$\bar{2}$7.22), $e_{19/4}$ (15.8.$\bar{2}$3.19) ou inverses, $e_{8/5}$ (3.10.$\bar{1}$3.8), $e_{59/24}$ (35.48.$\bar{8}$3.59), signalés par M. Gonnard (*C. R.* CXXVI.1048.1898) ; ils forment de très petites facettes linéaires entre p et e_3 J'ai moi-même trouvé le scalénoèdre inverse e_2 (12$\bar{3}$2) assez développé sur des macles dont il est question plus loin.

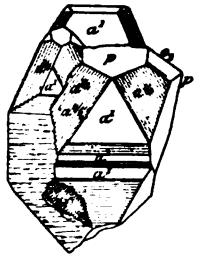


Fig. 3
Hématite du Puy de la Tache. Projection sur la base.

Le rhomboèdre $a^{1/2}$(01$\bar{1}$5) se présente parfois sous forme de larges faces ternes ou à éclat moiré, souvent ondulées qui se relient à des

stries sur la base ; le cristal représenté par la figure 4 que m'a communiquée M. Gonnard représente un cas fréquent de cristaux dans lesquels le rhomboèdre $a^{1/2}$ est largement développé ; c'est par suite d'une erreur de gravure que $a^{4/5}$ a été inscrit sur cette figure.

Les cristaux d'hématite spéculaire ont assez rarement leur développement normal, avec symétrie ternaire sautant aux yeux. Très souvent en effet, ils sont allongés suivant une arête a^1 p, deux couples de faces p parallèles sont très développées, tandis que les autres sont à peine indiquées. La face a^1 présente alors la forme d'un losange de 60° et de 120°.

Fig. 4

Hématite spéculaire du Puy de la Tache, montrant la structure cristallitique des faces p. (*Photographie, grossissement variant de* 1/3 *à* 1/2).

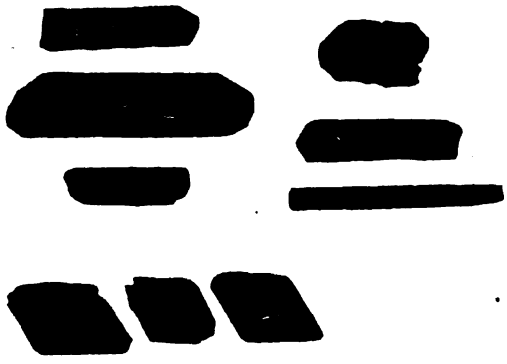


Fig. 5 à 7.

Hématite spéculaire du Puy de la Tache à développement anormal (fig. 7 en bas) et allongée suivant a^1 p (fig. 5 à gauche). La fig. 6 (à droite, en haut, représente trois cristaux maclés suivant e^2 (p. 258) (*Photographie grandeur naturelle*).

Les onis cristaux inférieurs de la fig. 7 correspondent à ce type ; ils sont placés de telle sorte qu'une de leurs faces p est inclinée en avant vers l'observateur. Les trois cristaux représentés en haut (à gauche) par la fig. 5 correspondent au même type, mais ils sont beaucoup plus allongés suivant une arête p a^1 et ils sont en même temps plus épais.

Les faces a^1 d'aplatissement présentent des stries parallèles aux arêtes a^1 p et portent souvent des pyramides triangulaires, constituées par de petites lamelles superposées et décroissantes ; elles donnent naissance ainsi au rhomboèdre $a^{1/2}$ $(01\bar{1}5)$ dont les faces sont striées et ternes, alors que la base est éclatante comme celle de la grande lame spéculaire qui les porte (fig. 8). Cette structure lamellaire apparaît aussi sur a^1 dans des figures en creux n'ayant d'ordinaire qu'une forme vaguement triangulaire.

Les macles sont extrêmement fréquentes parmi les cristaux d'hématite spéculaire, la plus commune est celle qui se produit par rotation autour de l'axe ternaire ; elle présente plusieurs genres de disposition. 1° le plan d'assemblage est a^1. Cette macle se reconnaît facilement quand il existe des angles rentrants, ce qui est le cas le plus fréquent. Les

Fig. 8.
Hématite spéculaire (type IV) du Puy de la Tache montrant sur la face a^1 des pyramides triangulaires limitées par $a^{1/2}$. (*Photographie ; grossissement de* 1/3.)

deux individus constituant la macle ont souvent leurs faces dominantes inégalement développées. Dans le cas contraire, on la distingue grâce à l'identité de disposition des figures triangulaires des faces a^1 supérieures et inférieures, alors que dans les cristaux non maclés ces figures sont orientées différemment, le sommet des unes occupant la position de l'un des côtés des autres.

2° Le plan d'assemblage est une face de la zone verticale (et par suite normal à a^1).

La macle a lieu d'ordinaire par accolement suivant une face e^2 : le plus généralement elle est binaire.

Cette macle est surtout réalisée dans les cristaux allongés suivant une arête $a^1\ p$. Tandis que ceux-ci à l'état simple, ont l'aspect dissymétrique mis en évidence par la figure 5 (à gauche, en haut), les macles de ce type au contraire ont la forme symétrique, présentée par les trois cristaux de la partie droite de la figure 6 : On voit leurs faces p et $\bar{p}$ s'inclinant symétriquement sur la même face a^1.

La figure 9 est la reproduction d'un beau cristal offrant la même macle qui est rendue très apparente grâce à la netteté des figures triangulaires de la base a^1 : elles sont symétriques par rapport à un plan perpendiculaire à a^1 passant par l'arête pa^1. L'une des bases de ces triangles est parallèle à ce plan, alors que le sommet opposé est dirigé du côté des faces p, que l'on voit symétriquement inclinées sur la base.

Fig. 9.
Hématite spéculaire du Puy de la Tache. Macle binaire suivant c^2.
(*Photographie, grossissement de deux diamètres.*)

La macle qui vient d'être décrite est parfois polysynthétique. Il y a deux cas à considérer : les faces d'association des deux individus peuvent être parallèles entre elles : c'est de beaucoup le cas le plus fréquent.

La figure 10 représente un groupement de ce genre que j'ai recueilli à la Grande Cascade. Il est constitué par deux macles binaires, groupées entre elles suivant la même loi.

La figure 11 donne le schéma de la disposition des divers individus constituant ce groupement : on y voit dans la bande 1′, des superpositions de deux individus qui ne sont pas distinctes sur la photographie.

Fig. 10.
Hématite de la Grande Cascade, macle polysynthétique suivant e^2.
(*Photographie, grossissement de* 2/3).

Dans d'autres macles polysynthétiques, les faces d'association e^2 des

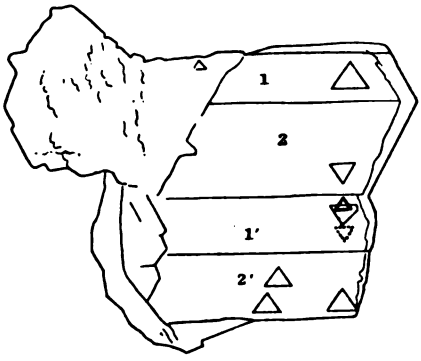


Fig. 11.
Figure théorique de la photographie fig. 10.

Fig. 12.
Hématite du Puy de la Tache, macle polysynthétique suivant e^2.

divers individus ne sont plus parallèles entre elles : il en résulte un assemblage à apparence sénaire tel que celui qui est représenté par

la fig. 12. J'ai trouvé le cristal figuré ci-contre au puy de la Tache les facettes e_2 (12$\bar{3}$2) ont leurs faces creuses.

On rencontre parfois des groupes dendritiques de lames dans lesquels sont entremêlés des individus simples et d'autres maclés suivant l'un des modes décrits plus haut. La figure 13 est la repro-

Fig. 13.
Hématite du Puy de la Tache. Groupement de cristaux maclés suivant e^2. (*Photographie, grossissement de* 1/2.)

duction d'un beau groupe de ce genre ; le schéma de la fig. 14 indique l'orientation des individus qui le constituent.

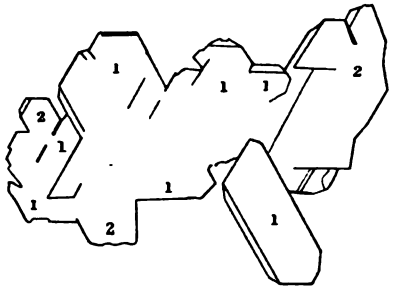


Fig. 14.
Hématite du Puy de la Tache (figure théorique de la photographie fig. 13).

La macle suivant p (10$\bar{1}$1) est beaucoup moins fréquente que la précédente.

Elle s'observe dans les petits cristaux du type III : ils sont généralement d'égale dimension (1mm. 5) : ils sont d'ordinaire de la forme $p\ a^1\ d^1\ b^1$ accolés et un peu aplatis suivant une face p. Les faces p et $\bar{p}$ des deux individus font entre elles un angle de 172° (172° 4′ observé).

Ces petites macles extrêmement brillantes sont souvent implantées sur une lame d'hématite spécuire. Dans l'un des échantillons que j'ai étudiés, la face p de cette

dernière est à deux ou trois minutes près, parallèle à la face p de l'un des individus de la macle.

Les individus constituant la macle n'ont pas toujours les mêmes dimensions, souvent l'un d'eux est très petit et implanté sur un plus gros. Ces macles sont identiques à celles de l'hématite du Stromboli, décrites par M. Strüver au mémoire duquel (*R. Accad. Lincei* VI. 153. 1889), j'ai emprunté les figures 15 et 16.

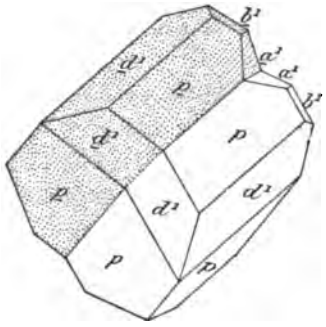


Fig. 15
Hématite du Puy de la Tache. Macle suivant p $(10\bar{1}1)$.

J'ai enfin rencontré la disposition suivante :

L'un des individus de la macle est une large lame spéculaire (type IV) de plusieurs centimètres, aplatie suivant la base. L'autre est un cristal non allongé, moins aplati (type III), n'ayant qu'un ou deux millimètres de plus grande dimension. Il est facile de déterminer l'angle rentrant $a^1\,\bar{a}^1$ de 115°14′ (115°20′ observé) et de constater le parallélisme des zones $p\,a^1$ dans les deux cristaux grand et petit.

Le gisement du puy de la Tache peut être assez facilement étudié sur place, alors qu'il est difficile de recueillir aujourd'hui de beaux cristaux à la Grande Cascade. Il se trouve à peu de mètres au-dessous du sommet du puy et sur son versant S.-O. Les fissures du trachyte sont irrégulières ; les petits cristaux du type III recouvrent leurs parois et pénètrent la roche qui est souvent criblée de cristaux d'augite d'un beau jaune d'or. Ces petits cristaux d'hématite sont fréquemment associés à de très beaux octaèdres constitués par des groupements réguliers de magnétite et de lamelles d'hématite (voir à *magnétite*).

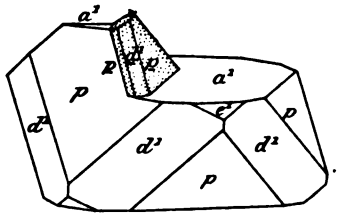


Fig. 16.
Hématite, macle suivant p $(10\bar{1}1)$.

Quant aux grands cristaux d'hématite spéculaire, je ne les ai jamais vus adhérents à la gangue, ils se trouvent isolés dans les cavités, mélangés à des débris de la roche : ils doivent sans doute former dans

ces cavités des enchevêtrements très délicats qui se brisent dès que l'on frappe sur le trachyte pour mettre à découvert ses fissures riches en cristaux.

L'hématite se rencontre aussi en cristaux plus petits, mais présentant les mêmes particularités ; au Roc de Cuzeau, au pic de Sancy, dans le ravin de Lacour, dans celui de Riveau Grand et au Capucin. Dans ces deux derniers gisements, les cristaux sont fort petits et généralement localisés avec d'autres minéraux de sublimation dans les vacuoles de blocs trachytiques ou andésitiques, enclavés dans les trachytes ou la brèche trachytique : ils appartiennent au type III, avec d'ordinaire développement normal ($a^1\ p\ e_3$, et très petites facettes d^1, e^1, b^1).

Au Roc de Cuzeau, on trouve dans les fentes du trachyte à grands cristaux de sanidine, des cristaux rouges de *martite* à faces ternes (magnétite transformée en hématite) et des octaèdres à faces brillantes constitués par des rhomboèdres basés d'hématite, présentant des groupements réguliers avec la magnétite et la magnésioferrite (voir à *magnétite*). Le gisement en place de ces cristaux est extrêmement difficile à atteindre, il se trouve dans des fentes qui tapissent les abrupts du roc, tout près du sommet.

La chaîne des Puys est très riche en gisements d'hématite spéculaire (Sarcouy, Puy Chopine, Puy de Dôme), mais sauf dans ce dernier gisement, les cristaux sont toujours de très petite taille. Ils présentent essentiellement les mêmes caractéristiques qu'au Mont-Dore ; les groupements octaédriques de magnétite et d'hématite ne sont pas rares.

Les plus beaux cristaux de cette région ont été trouvés au sommet du Puy de Dôme, dans une grande crevasse située près de l'Observatoire ; ils forment sur la dômite (qui est localement colorée en rouge par des inclusions du même minéral), un revêtement de petits cristaux ayant en moyenne de 2 à 4 millimètres, mais on y a trouvé exceptionnellement des agrégats miarolitiques (ayant plus d'un décimètre cube) de grandes lames pouvant atteindre et même dépasser 2 centimètres de plus grande dimension. Ces lames sont beaucoup plus fragiles, beaucoup plus minces que celles du Mont-Dore et d'un noir plus sombre ; elles contiennent parfois un peu de titane. Les formes sont les mêmes que dans cette dernière région ; les lames allongées suivant une arête $a^1\ p$, avec macles symétriques (binaires) suivant a^1 sont particulièrement fréquentes et souvent constantes dans un échantillon donné.

M. Laval a signalé (*Mém. Acad. Clermont* XVI. 635. 1874) des cristaux prismatiques d'hématite saupoudrés de fiorite. M. Gonnard m'a donné un échantillon de ces cristaux : ils présentent les formes représentées par la fig. 17 et caractérisées par le grand développement du prisme d^1 (11$\bar{2}$0) (type VI) ; ils offrent parfois des macles avec accolement suivant a^1, remarquablement symétriques (fig. 18) et plus rarement des macles polysynthétiques du type de la fig. 12.

Les cristaux du Puy de Sarcouy appartiennent aux types III, IV et V : ils affectent parfois les formes des fig. 20 à 22, avec en outre de petites facettes b^2 (11$\bar{2}$3), z (22$\bar{4}$1) et d^1 (11$\bar{2}$0) ; ils forment aussi des lames crêtées sans forme géométriquement déterminable.

Enfin, il me reste à signaler une forme curieuse d'hématite qui se rencontre au Puy Chopine. Ce puy est constitué par un dôme de dômite qui a soulevé un lambeau de schistes et de cornéennes précambriens, métamorphisés par le granite. Des cheminées de fume-

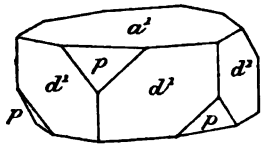


Fig. 17.
Hématite du Puy de Dôme. (Type VI).

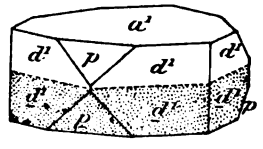


Fig. 18.
Hématite du Puy de Dôme (macle symétrique par rapport à a^1.

rolles se sont produites au contact de la dômite et de cette énorme enclave : les parois en sont localement tapissées d'enduits cristallitiques d'hématite ; ce sont des rhomboèdres basés, très allongés suivant une arête a^1 p et dessinant des arborisations capricieuses, particulièrement belles sur les parois planes des schistes métamorphisés. Les individus cristallins constituant ces palmes ont jusqu'à un décimètre de plus grande dimension.

Des cristallites analogues d'hématite se rencontrent dans les basaltes du Puy de la Vache. On verra plus loin la description de curieux cristaux de magnétite trouvés dans les mêmes conditions au puy Chopine.

Les andésites du Pariou et celles de Volvic renferment fréquemment des cristaux d'hématite qui ne sont jamais de grande taille, ils présentent le même aspect et les mêmes formes que ceux de Royat, dont il est question plus loin.

b) *Dans les basaltes.*

Plateau central. — *Puy-de-Dôme.* Aux environs de Clermont, à Royat, la coulée de Gravenoire fournit de très beaux échantillons d'hématite qui se présente parfois aussi en lames extrêmement minces, transparentes, d'un très beau rouge.

Les cristaux d'hématite de Royat appartiennent en général au type III (fig. 2 et 28), par la grande prédominance du rhomboèdre p $(10\bar{1}1)$ à faces creuses qui accompagne la base; les formes d^1 $(11\bar{2}0)$, e_2 $(22\bar{4}3)$, e_5 $(42\bar{6}5)$, b^1 $(01\bar{1}2)$, e^1 $(02\bar{2}1)$ sont toujours petites. Les macles, sans être absentes, sont moins fréquentes que dans les cristaux des gisements étudiés plus haut. Le type spéculaire existe aussi, mais il est moins abondant que le précédent.

J'ai observé dans ce gisement quelques échantillons de groupements octaédriques de magnétite et d'hématite.

Les fumerolles de Gravenoire méritent une mention spéciale. Nous y avons trouvé, en effet, M. P. Gautier et moi (*C. R.* CXXVIII,1529. 1898) une remarquable formation de silicates cristallisés (pyroxènes, plagioclases, etc.), en même temps que d'hématite, non seulement dans les interstices des cendres basaltiques, mais encore à la surface des enclaves de granite en partie fondues.

Les fentes des laves basaltiques du puy de la Vache présentent de fort belles lames cristallitiques d'hématite, semblables à celles dont il vient d'être question au Puy Chopine. De très beaux cristaux se trouvent aussi dans des scories basaltiques, en partie décolorées par les émanations acides. Ces cristaux se trouvent isolés ou peu nombreux dans les cavités de ces scories, ils ne forment pas de revêtement continu comme au Mont-Dore ou à Gravenoire. Ils ont la même forme que dans ce dernier gisement, avec souvent assez grand développement de e_3 (type III avec passage au type V).

Alpes. — *Isère.* L'hématite spéculaire se rencontre quelquefois dans les vacuoles des spilites des Alpes, avec calcite, sidérite, dolomite (Champ). Elle se trouve aussi sous la même forme dans les fentes des calcaires et du gypse au contact de ces roches éruptives.

Guadeloupe. — La collection du Muséum renferme de gros cristaux d'hématite spéculaire, indiqués comme provenant de la rivière Duplessis, dans le S.-O. de la Guadeloupe. Ils ressemblent à ceux du

Puy de la Tache, et offrent la macle par accolement suivant a^1, avec la forme *p* dominante.

La Réunion. — L'hématite sous la forme spéculaire et sous celle du type III se rencontre dans les cavités des laves basaltiques de La Réunion.

2° *Dans les roches sédimentaires métamorphisées par les roches éruptives.*

a) *Contacts du granite.*

Dans les gisements dont il s'agit ici, l'hématite n'a pas été apportée par le granite[1], elle résulte de la transformation, sous l'influence de cette roche, de sédiments ferrugineux qui existent normalement aux mêmes niveaux dans d'autres gisements sans relation avec le granite. Elle se présente sous forme micacée et elle est souvent mélangée à de la magnétite : elle ressemble souvent alors à l'itabirite (voir p. 267).

Normandie. — *Manche.* Les assises siluriennes de Dielette renferment au contact du granite un gîte constitué par un mélange de magnétite et d'hématite lamellaire. Du grenat mélanite est associé à ce minerai, dans lequel il n'a pas été trouvé de cristaux distincts d'hématite.

Bretagne. — *Morbihan.* Les minerais de fer qui ont été exploités au bois d'Avy, à 10 km. E. de Rochefort-en-Terre, sont interstratifiés dans le silurien supérieur métamorphisé par le granite. Il sont constitués par des lentilles d'hématite rouge, quelquefois mamelonnée et fibreuse, mais affectant parfois l'apparence d'un schiste micacé (voir à *dufrénite*). Des gisements analogues se trouvent aux environs de St.-Jacut.

Loire-Inférieure. Les grès armoricains (ordoviciens), métamorphisés par la granulite du moulin de Perny, près St.-Gildas-des-Bois, renferment des couches d'hématite écailleuse, mélangée à un peu de magnétite. Celles-ci sont traversées par des veines de quartz renfermant de l'hématite en plus grandes lames.

1. On verra à l'article *magnétite* un exemple de gîte ferrifère dû au contraire à des émanations granitiques (Boutadiol) (*Ariège*). Plusieurs des gisements d'hématite sédimentaire paléozoïque décrits page 278 se trouvent au milieu de sédiments métamorphisés par le granite, mais l'hématite y est d'origine secondaire, c'est pourquoi je ne m'en occupe pas ici.

Congo. — Des quartzites riches en hématite micacée et en magnétite se trouvent dans l'Okanda, sur le bord de l'Ogooué au contact du granite : regardés par Lenz (*Verh. geol. Anst.* 1878, 168), comme analogues aux itabirites du Brésil, ils sont attribué par Barrat (*A. M.* 1895) à des sédiments métamorphisés par le granite de Lopé.

Des roches analogues se trouvent au bord de la Sébé et dans le haut Oubanghi.

b) *Dans les calcaires et les gypses métamorphisés par les ophites et les lherzolites.*

L'hématite est fréquente dans les roches métamorphisées par les ophites et les lherzolites, mais elle ne s'y présente en beaux cristaux que dans un petit nombre de localités, elle y constitue un minéral de fumerolle.

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées.* Les calcaires jaunes de Montloo dans la Serre de Pouzac, près Bagnères-de-Bigorre, renferment localement de petits cristaux d'hématite, ayant en moyenne 1 millimètre de plus grande dimension. M. Zirkel y a signalé (*Z. d. d. geol. Gesell.* XIX. 208. 1867) la combinaison $a^1\ d^1\ e_3$.

J'ai étudié un grand nombre de cristaux de ce gisement : ils sont assez variés de forme ; leurs faces sont brillantes (surtout la base), mais généralement concaves et elles ne fournissent pas de bonnes mesures. J'y ai rencontré deux variétés du type VI. Dans l'une, les cristaux sont allongés suivant la base a^1 (0001) ; celle-ci et l'isoscèloèdre z ($22\bar{4}1$) sont constants. J'ai observé parfois aussi de petites facettes triangulaires, $e^{1/2}$ ($01\bar{1}1$) et l'isoscéloèdre e_3($23\bar{4}3$), réduit à de très petites facettes (fig. 19). Ces cristaux sont très irréguliers de forme, comme ceux du corindon de la Haute-Loire, auxquels ils ressemblent beaucoup. Les faces z en particulier sont très inégalement développées et passent parfois par des surfaces courbes au prisme d^1 ($11\bar{2}0$). La base est toujours très striée et souvent remplacée par un rhomboèdre très obtus non mesurable.

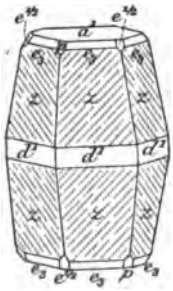


Fig. 19.
Hématite de Pouzac (*Hautes-Pyrénées*) (Type VI).

Le second type est constitué par des cristaux aplatis suivant la base et présentant les combinaisons $a^1\ d^1$, avec parfois de très petites facettes p (fig. 17) et e_3. Cette hématite n'est pas titanifère.

Les calcaires de Montloo font partie d'une série sédimentaire métamorphisée par l'ophite et dans laquelle on trouve en abondance le dipyre, l'albite, la magnétite, la leuchtenbergite, le quartz, la pyrite. Dans les échantillons que j'ai étudiés, ces minéraux n'existent pas en même temps que l'hématite.

Ariège. J'ai recueilli des fragments de gros cristaux d'hématite très éclatants dans les cornéennes et les calcaires à dipyre des environs de Lordat; ils sont aplatis suivant la base qui porte de nombreuses et fines stries triangulaires. Ils atteignent 9 centimètres de diamètre; je n'ai pu isoler aucun cristal entier. Bien qu'il n'existe pas de roche éruptive au contact immédiat de ces roches métamorphiques, il n'est pas douteux que leur origine ne soit identique à celle des cristaux de Pouzac. Des pointements de lherzolite et d'ophite se trouvent d'ailleurs à proximité.

Alpes. — *Isère.* L'hématite spéculaire se rencontre dans les fentes du calcaire et du gypse de Champ, au voisinage de spilites (vallon de Combes).

Algérie. — *Constantine.* Le gypse de Saint-Arnaud renferme de fort jolis cristaux d'hématite qui offrent d'une façon presque constante la macle (avec pénétration) par rotation autour de l'axe ternaire.

Ces cristaux sont d'un noir de fer, ils mesurent de 4 à 5 millimètres et parfois moins; il est possible de les isoler du gypse en dissolvant celui-ci dans l'eau. Tous sont formés par le rhomboèdre a^4 $(10\bar{1}2)$ dont les faces sont courbes.

La macle est constituée parfois par deux individus seulement, mais le plus souvent, elle est polysynthétique et donne des assemblages réguliers dont les angles rentrants rappellent ceux des cristaux de phacolite. La base existe quelquefois dans ces macles, mais elle est toujours réduite à de très petites facettes.

3° *Dans les schistes cristallins.*

L'hématite se rencontre à l'état primaire dans les schistes cristallins et dans les roches sédimentaires métamorphiques : elle constitue parfois de véritables schistes à hématite plus ou moins quartzeux, semblables à ceux qui, au Brésil, ont reçu le nom d'*itabirites* (voir p. 265), mais le plus souvent, elle ne constitue qu'un produit formé aux dépens

de la magnétite qui prédomine ou existe seule loin des affleurements. Elle accompagne aussi la magnétite dans les lentilles de ce minéral, intercalées dans les schistes cristallins.

Voici quelques gisements caractéristiques de ce genre de gisement (Voir aussi p. 280. *Savoie*).

Corbières. — *Hérault.* La collection du Muséum possède de jolis échantillons d'un schiste à hématite micacée, véritable itabirite très plissée : ils proviennent de Courniou près Saint-Pons.

Maures. — *Var.* Il existe dans les environs de Collobrières, dans la chaîne du Mont Sauvette et aussi à environ 200 mètres au S.-O. du village, des gisements d'une véritable itabirite, alternant avec des lits de micaschiste. Ce gisement peu éloigné de ceux de magnétite n'est pas exploitable.

Algérie. — *Constantine.* Des gneiss riches en hématite passant à des itabirites se trouvent dans les environs de Philippeville (Estaya, Medjadja, Mesallas, Ouled-Nouar). L'hématite forme aussi des lentilles au milieu de ces gneiss.

L'hématite compacte ou micacée accompagne la magnétite dans les grands gisements d'Aïn-Mokra (Mokta-el-Hadid), et de ses environs (Tebeïga, Marouania, Bou-R'beya).

Madagascar. — Les cristaux et masses de magnétite si abondants dans les schistes cristallins de l'île sont souvent transformés en hématite (*martite*).

4° *Dans les filons et les gites de substitution.*

a) *Dans les gisements essentiellement métallifères.*

L'hématite sous forme cristallisée, lamellaire ou compacte (hématite rouge) se rencontre dans un grand nombre de filons ; dans les uns, elle est associée au quartz et contemporaine de la formation de ceux-ci. Dans beaucoup d'autres, elle est au contraire, nettement secondaire, résultant de l'altération superficielle de minéraux sulfurés, carbonatés ou de magnétite qui se trouvent à l'état intact en profondeur.

Des filonnets quartzeux renfermant de l'hématite généralement lamelleuse ou laminaire, sont en outre extrêmement fréquents dans les formations géologiques les plus variées, aussi ne citerai-je que ceux ayant un intérêt spécial (voir aussi page 376).

Pyrénées. — *Basses-Pyrénées.* L'hématite micacée se rencontre comme accident, mais en magnifiques échantillons, dans les filons de sidérite énumérés à l'article *sidérite* et particulièrement dans ceux de Baigorry.

Haute-Garonne. J'ai recueilli de beaux échantillons d'hématite micacée dans des filonnets quartzeux près d'Eup, au voisinage du cap de Mont.

Ariège. L'hématite se trouve dans les mêmes conditions dans les gites de limonite de Rancié ; dans des filons quartzeux, à Aleu.

A la Gaillarde, au Sud-Ouest de Labastide de Sérou, ainsi qu'à Montels, les calcaires et les grès dévoniens sont traversés par des filons imprégnés par une hématite rouge compacte ou terreuse, se concrétionnant parfois en masses mamelonnées à structure fibreuse. A Montels, elle contient des cristaux de barytine. Le minerai de ces gisements est souvent un peu hydraté (turgite) et provient probablement de la déshydratation de la limonite.

Pyrénées-Orientales. Les gites de fer du Canigou (notamment Fillols, Batère) (voir à *limonite*) renferment de l'hématite écailleuse.

De nombreux filons de quartz, riches en hématite lamellaire, traversent, au voisinage de Lesquerde, le granite et les calcaires secondaires qui le recouvrent.

Aude. D'assez jolis cristaux d'hématite (lames hexagonales entrecroisées) ont été trouvées dans la mine de galène de la Caunette.

Plateau Central. — *Tarn.* Les gites ferrifères de las Costes, à Alban le Fraysse, sont essentiellement constitués par de la limonite, mais renferment aussi de l'hématite sous forme de masses compactes, creusées de géodes que tapissent des agrégats mamelonnés à cassure polyédrique du même minéral. Ils sont d'un rouge presque noir à la surface, possèdent un éclat très vif, et donnent une poussière rouge, mais ils renferment 6,72 % d'eau ; ils sont à l'évidence le résultat de la déshydratation partielle de la limonite (turgite).

Berri. — *Cher.* Des filons quartzeux renfermant de l'hématite compacte se trouvent dans les micaschistes à Lacour, à la limite des communes de Vesdun et de Culan.

Vosges. — *Haute-Saône.* Des filons d'hématite à gangue quartzeuse, se trouvent dans les spilites de Saphoz en Faucogney, dans une roche porphyrique à Servance (hématite micacée, avec barytine, dolomite), à Saulnot (gangue de calcite, sidérite, dolomite, barytine, etc.).

[*Alsace*]. De tous les gisements d'hématite dont j'ai à m'occuper, Framont est un de ceux qui a fourni la plus grande quantité de cristaux intéressants. Les filons ferrugineux qui y ont été exploités paraissent être le résultat de l'altération superficielle de gites pyriteux.

Le minerai principal était constitué par de l'hématite rouge brique, plus ou moins terreuse (Grandfontaine), mélangée à de l'hématite grise, à éclat métallique et à structure plus ou moins finement grenue. Les cavités de ce minerai terreux étaient tapissées par de l'hématite rouge concrétionnée et fibreuse (Grandfontaine, Noire-Maison), ou bien par de la calcite, de la dolomite, associées aux cristaux qui vont être étudiés.

Les cristaux d'hématite de Framont ont été pour la première fois décrits par Romé de l'Isle (*op. cit.*, III. 198. 1783, qui y a reconnu les combinaisons : a^1 (0001), e_3 (22$\bar{4}$3), avec prédominance de l'une ou l'autre de ces formes ; $a^1\ e_3$, avec p (10$\bar{1}$1) plus ou moins développé ; il considérait le minéral comme cubique. Haüy (*op. cit.*, 1801) fit voir que la symétrie est ternaire et figura la même combinaison $a^1\ e_3$ (fer oligiste trapézoèdre) et $a^1\ e_3\ p$ (fer oligiste uniternaire). Lévy (*Desc. coll. Heuland* pl. LXVI, fig. 8 et 13) a figuré deux nouvelles combinaisons $p\ a^1\ e_3\ b^2$ (11$\bar{2}$3) et $p\ a^1\ d^1$ (11$\bar{2}$0) b^1 (01$\bar{1}$2), e_3.

Dans sa monographie de Framont, Carrière (*Ann. Soc. émul. Vosges*. Épinal 1849) signale, en plus des combinaisons indiquées par Romé de l'Isle et Haüy, les suivantes : $a^1\ e_3\ d^1$, avec ou sans p et plus rarement e_3, p, a^2 (10$\bar{1}$4), e_5 (42$\bar{6}$5). Enfin Dufrénoy (*Minér.* II. 1865. pl. LXIX, fig. 103) figure la combinaison $d^1\ a^1\ e^2$ (10$\bar{1}$0) e_3.

Plus récemment, M. Schweitzer (*Inaug. Dissertation Strassburg*, 1892) a fait une revision des anciennes observations : il a retrouvé toutes les formes précitées, à l'exception de e^2 et y a rencontré en outre $e^{1/2}$ (01$\bar{1}$1), π (11$\bar{2}$6), φ (1.1.$\bar{2}$.10), e_4 (32$\bar{5}$4) et un scalénoèdre auquel il donne la notation $\sigma = (d^{1\,/\,33}\ d^{1\,/\,83}\ b^{1\,/\,25})$ (20.16 3$\bar{6}$.27), mais dont l'angle mesuré avec p (10$\bar{1}$1) se rapproche autant de celui qui est exigé par le symbole $e_{10/3}$ (7.6.$\bar{1}$3.10) qui est plus simple.

$p\sigma = 157°21'$ $\quad pe_{10/3} = 156°20'$ $\quad$ obs. $156°52'30''$

Les figures données ici (fig. 20 à 28) sont empruntées au mémoire de M. Schweitzer.

J'ai pu examiner un assez grand nombre d'échantillons d'hématite

de Framont contenus dans la collection du Muséum (y compris les collections d'Haüy et de Romé de l'Isle) et dans celle de M. Kampmann.

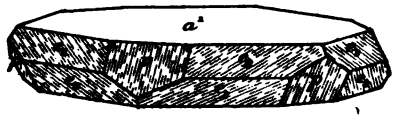


Fig. 20.
Hématite de Framont (Type V).

Le caractère commun à tous les cristaux d'hématite de ce gisement réside dans l'existence d'une large base, toujours associée à e_3 et presque toujours à p. Le faciès des cristaux est assez varié ; leur plus grande dimension dépasse rarement 6 millimètres. Le type le plus commun est celui qui est caractérisé par la prédominance de e_3 (type V) ; l'aplatissement suivant a^1 est plus ou moins considérable (fig. 20 à 22).

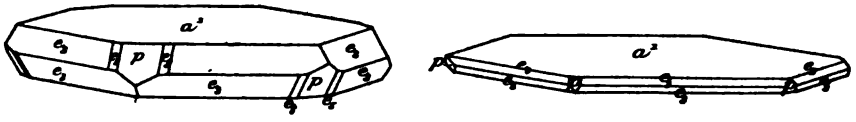


Fig. 21 et 22.
Hématite de Framont (Type V).

Les faces p et e_3 sont souvent striées comme dans la fig. 20, la base est rarement plane, d'ordinaire bombée comme dans les cristaux de l'île d'Elbe, oscillant avec $a^2(10\bar{1}4)$ et $a^{1/2}(10\bar{1}5)$; elle est quelquefois recouverte par de petits cristaux d'hématite lamellaire ; les formes $e^{1/2}(01\bar{1}1)$, e_5 $(42\bar{6}5)$ se présentent quelquefois sous forme de petites facettes.

Les cristaux de ce type s'empilent souvent en grand nombre pour donner naissance (fig. 23) à des pseudoprismes hexagonaux, dont les faces latérales sont remplacées par des cannelures profondes formées par les angles e_3 e_3, alternativement saillants et rentrants :

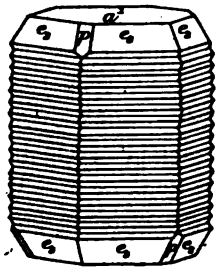


Fig. 23.
Hématite de Framont.

La figure 22 représente au contraire un cristal extrêmement aplati suivant la base.

On rencontre des cristaux établissant le passage du type V au type III qui ont la même forme que ceux de la fig. 20, mais dans lesquels $p(10\bar{1}1)$ l'emporte en développement sur e_3 qui est parfois réduit à de petites facettes triangulaires. Les faces de ces cristaux sont d'ordinaire très striées.

Les diverses formes qui viennent d'être énumérées constituent la plus grande partie des cristaux de Framont, on les trouve dans des

géodes tapissant l'hématite finement grenue, compacte ou terreuse ou implantés sur une brèche formée de quartz et d'hématite.

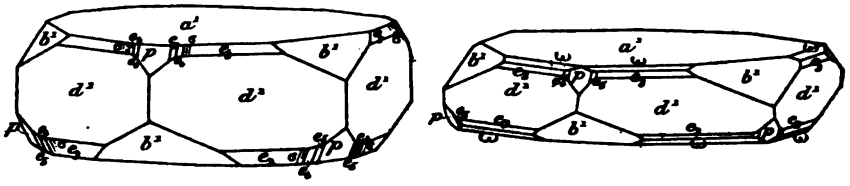


Fig. 24 et 25.
Hématite de Framont (Type VI).

Beaucoup plus rares sont les cristaux se rapportant au type VI, caractérisé par le grand développement du prisme d^1 $(11\bar{2}0)$ (fig. 24 et 25), la présence de b^1 $(01\bar{1}2)$ et par l'existence de formes exceptionnelles ne constituant que de petites facettes, les scalénoèdres e_5 $(42\bar{6}5)$, e_4 $(32\bar{5}4)$ et $\sigma = e_{10/3}$ $(7.6.\bar{1}3.10)$, l'isoscéloèdre [1] φ $(1.1.\bar{2}.10)$, le rhomboèdre a^2 $(10\bar{1}4)$. Les figures 26 et 27 montrent l'aspect des cristaux de ce type, quand b^1 $(01\bar{1}2)$ domine; ce type spécial est à comparer au type III, mais avec remplacement de p par b^1.

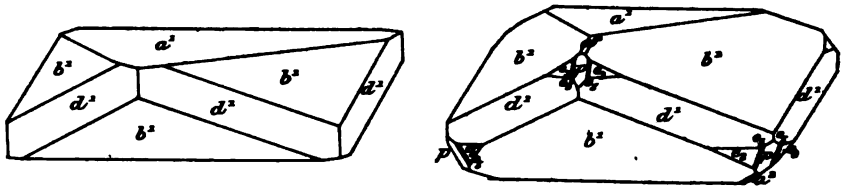


Fig. 26 et 27.
Hématite de Framont.

Enfin une dernière catégorie de cristaux à rapporter au type III est caractérisée par la prédominance du rhomboèdre p $(10\bar{1}1)$; la base est très courbe et e_3 réduite à de très petites facettes (fig. 28). Ils présentent souvent des irisations superficielles dans les teintes bleues et rouges dont de magnifiques échantillons se rencontrent dans toutes les vieilles collections. Ils tapissent les cavités d'hématite grenue d'un gris d'acier. Ces cristaux deviennent parfois lenticulaires quand ils

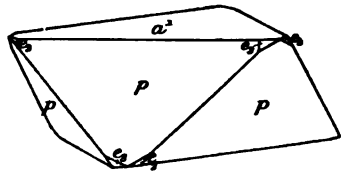


Fig. 28.
Hématite de Framont.

1. Dans la figure 25, ω doit être remplacé par la lettre φ.

sont très aplatis, ils se rencontrent alors exclusivement dans des géodes de dolomite d'un jaune rosé se trouvant au milieu de l'hématite compacte. Ils sont implantés sur les rhomboèdres de dolomite ou sont englobés par eux.

L'hématite a été aussi trouvée à Framont sous forme micacée, tantôt d'un gris noir à éclat métallique et tantôt rouge, parfois translucide (*rubinglimmer*) ; cette dernière variété constitue des masses caverneuses ou se trouve clairsemée en lames à aspect mordoré sur des cristaux de quartz (mine de Granfontaine).

La magnétite de Framont est quelquefois transformée en hématite (martite) ; les cristaux que j'ai examinés sont des octaèdres de 2 millimètres environ, ils sont englobés dans de la calcite. La collection du Muséum renferme un gros rhombododécaèdre b^1 (110) ayant environ 4 centimètres de plus grande dimension ; il est transformé en hématite rouge ; il est probable qu'il constitue une pseudomorphose de magnétite ou de grenat, bien que les dimensions de ce cristal dépassent tout ce qui, à ma connaissance, a été trouvé dans ce gisement en fait de cristaux de ces minéraux.

Je donnerai en terminant la liste des nombreux minéraux qui ont été trouvés dans le filon de Framont : magnétite, gœthite, limonite, manganite, pyrolusite, panabase, chalcopyrite, érubescite, chalcosite, stibine, blende, galène, cuivre natif, bismuth natif, calcite, aragonite, dolomite, sidérite, malachite, chessylite, aurichalcite, gypse, quartz, chrysocole, scheelite, fluorine, phénacite, grenat, épidote, augite, hornblende (voir à *anatase*).

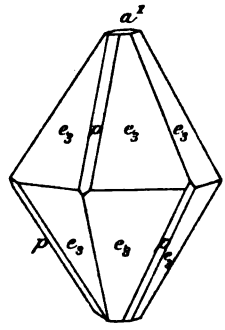


Fig. 29.
Hématite de Blattenberg (Type II).

J'ai trouvé dans la collection du Muséum des échantillons venant du Blattenberg près Sainte-Marie-aux-Mines ; l'un d'eux présente un petit groupement de cristaux d'hématite remarquablement brillants, à forme intéressante (type II). Ce sont des isoscéloèdres aigus e_3, généralement terminés par une petite base a^1 (0001), avec parfois des facettes p linéaires (fig. 29).

D'autres cristaux ressemblent beaucoup à ceux de Framont, type V, avec empilement de beaucoup d'individus suivant la base. Ils sont implantés sur un quartz rouge bréchiforme et associés à de la barytine.

Vosges. La collection du Muséum possède un échantillon qui faisait

partie de la collection de Romé de l'Isle et provient du Val d'Ajol (filon d'hématite du Défilé des Roches). Il est constitué par du quartz, que recouvrent des cristaux d'hématite du même type que ceux de Framont représentés par la figure 23. Ils sont en général implantés sur la gangue par une face parallèle à l'axe vertical et montrent ainsi nettement les angles rentrants caractéristiques de ces groupements.

Alpes. — *Savoie.* Le filon quartzocalcaire de Leschaux, près Salins, dont il a été question à l'article *rutile* (page 204), renferme des lames d'hématite, souvent courbes, atteignant un décimètre carré. Elles sont en grand nombre enveloppées par la calcite, plus rarement par la sidérite que recouvrent ou accompagnent de petites aiguilles de rutile.

Isère. L'hématite compacte laminaire ou micacée se rencontre en quantité plus ou moins grande dans la plupart des filons de sidérite de l'Isère, énumérés plus loin (région d'Allevard, d'Allemont notamment); dans quelques-uns d'entre eux (filon de Prémol, au-dessus de Vaulnavey), elle constitue même le minerai dominant du filon.

Hautes-Alpes. Des échantillons analogues, en très grandes lames micacées, ont été rencontrés dans le filon du pied du Col près de Villard d'Arène.

Algérie. — *Oran.* Le gite de la Grande Haoueria (R'ar-el-Baroudt) près Beni-Saf, non loin de l'embouchure de la Tafna, est constitué par une hématite rouge ou d'un noir bleuâtre provenant de la transformation de sidérite dont elle a fréquemment conservé la forme (belles géodes de rhomboèdres). Ce minerai très friable renferme 2 à 3°/° de manganèse et ne contient ni soufre ni phosphore. On rencontre dans l'hématite des blocs corrodés de calcaire qui sont souvent traversés par des veinules d'hématite micacée.

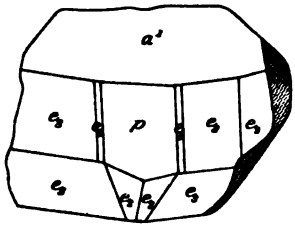


Fig. 30.
Hématite de Beni Saf.

C'est de ce même gisement que proviennent de beaux échantillons que m'a remis M. Gentil. Ils consistent en cristaux implantés sur de la sidérite avec hématite écailleuse, ils atteignent 1 centimètre de plus grande dimension; ils sont groupés en grand nombre à axes parallèles.

Ces cristaux sont aplatis suivant une large base et présentent d'une façon constante les faces suivantes : a^1, p, e^1 (02$\bar{2}$1), e_3, e_5, z (22$\bar{4}$1),

avec parfois ω (8.8.$\bar{1}\bar{6}$.3). Il existe en outre, à l'intersection de e^1 et de e_3, un scalénoèdre qui n'a pu être précisé. De même, les arêtes d'intersection de p, de e^1 et de e_3 avec a^1 sont généralement courbes et donnent une série interrompue d'images parmi lesquelles aucune ne prédomine.

Ces cristaux offrent une grande analogie d'aspect avec ceux de Framont, représentés par les figures 24 et 25, mais b^1 (01$\bar{1}$2) est remplacé par e^1 et le prisme d^1 (11$\bar{2}$0), par les isoscéloèdres aigus dont il vient d'être question. La fig. 30 représente un petit cristal d'un autre type sur lequel le scalénoèdre e_2 (12$\bar{3}$2) est particulièrement développé.

Toutes les faces sont éclatantes et unies, à l'exception de celles des isoscéloèdres z et ω qui sont ternes et striées horizontalement, avec des séries d'angles saillants et rentrants, qui trahissent la structure lamellaire des cristaux ; ω est connu dans le corindon, mais n'avait pas encore été trouvé dans l'hématite.

Constantine. — J'ai examiné de beaux échantillons d'hématite et de limonite provenant d'un gîte situé dans des schistes (liguriens ?) à Filfila, à l'E. de Philippeville. L'hématite est compacte ou micacée et se présente aussi en cristaux enchevêtrés rappelant ceux du type commun à l'île d'Elbe (fig. 31), mais ils sont le plus souvent très aplatis et lenticulaires, par suite de la prédominance de a^2 (10$\bar{1}$4).

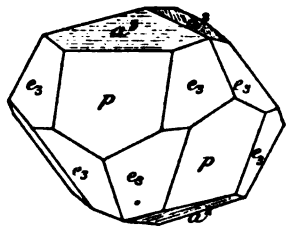


Fig. 31.
Hématite de Filfila (Type II).

Tunisie. — L'hématite compacte ou micacée forme des poches dans les gisements éocènes de Tabarka près de la frontière algérienne.

Sénégal. — La collection du Muséum renferme un échantillon d'hématite micacée à grandes lames, engagé dans du quartz filonien ; il est indiqué comme provenant du fort de Backel.

Tonkin. — Je dois à M. Dupouy une série d'échantillons d'hématite accompagnant la magnétite dans les mines de Bao-Nang à l'Est de Thaï-Nguyen, de Tay-Ha (province de Vinh-Yen), au N.-E. de Son-tay.

Ce sont des hématites compactes ou rappelant celles de l'île d'Elbe et renfermant dans leurs cavités des géodes de rhomboèdres striés, très obtus et presque lamelleux.

b) *Dans des filons quartzeux et des remplissages incomplets de fentes.*

L'hématite se rencontre assez fréquemment comme élément accessoire dans des filons de quartz traversant les formations géologiques les plus diverses ; elle s'y présente soit en masses compactes rouges ou d'un noir de fer et alors finement grenues, soit en lames cristallines aplaties suivant la base ; je ne m'occuperai ici que de quelques gisements pour exemple.

L'hématite existe aussi dans les fentes imparfaitement remplies des schistes cristallins des Alpes. Ce gisement est analogue à celui qui sera étudié plus loin à l'article *ilménite*, il fournit de fort beaux cristaux.

Ardennes. — [*Belgique*]. Les filonnets quartzeux traversant les schistes siluriens de Salm-Chateau renferment des cristaux d'hématite très brillants, en lames aplaties suivant a^1 (0001), empilées, souvent courbes ; elles ont plusieurs centimètres de diamètre. Elles présentent généralement sur les faces a^1 les stries triangulaires habituelles. Je n'ai vu aucune face géométriquement déterminable dans les échantillons que j'ai étudiés, mais M. Groth a signalé (*Min. Samml. Strassburg*, 75. 1878) les formes p ($10\bar{1}1$), b^1 ($02\bar{2}1$) dominantes, e_3 ($22\bar{4}3$) et entre cette face et p de petites facettes e_5 ($42\bar{6}5$) très brillantes. Il existe en outre une autre pyramide de 2e ordre non mesurable et le prisme d^1 ($11\bar{2}0$).

Dans tous les échantillons de Salm Château, les macles polysynthétiques suivant p ($10\bar{1}1$) sont très abondantes.

Vosges. — *Belfort.* Un filonnet d'hématite écailleuse à gangue de quartz et de calcite a été trouvé lors de travaux effectués il y a quelques années sur le flanc Sud-Est de la montagne du Salbert près de Belfort.

Alpes. — *Haute-Savoie. Massif du Mont-Blanc.* L'adulaire qui tapisse les fentes de la protogine et des roches cristallines du massif du Mont-Blanc est parfois associé à de petits cristaux d'hématite à contours hexagonaux groupés comme l'eisenrose (fig. 1) ; je n'y ai pas trouvé de cristaux mesurables.

J'ai examiné de fort beaux échantillons d'hématite provenant de Pormenaz sans indication plus précise, ils tapissent les fentes per-

pendiculaires à la schistosité d'un schiste micacé et sont accompagnés de cristaux de quartz.

Ces cristaux sont très minces et aplatis suivant a^1 ; ils atteignent 1 centimètre de diamètre suivant la base et sont implantés perpendiculairement à leur gangue. Leur couleur noir de fer les distingue nettement de l'hématite gris d'acier de l'Oisans, la forme est également différente. Ces cristaux présentent tous la forme a^1, e_3, p avec parfois de très petites facettes e_5, b^1 et e^1. Leur type le plus habituel correspond à celui qui est représenté par la figure 22. Les macles par accolement suivant une face e^2 ne sont pas rares.

Isère. Les fentes des granulites et des schistes cristallins dans lesquels se rencontrent le quartz hyalin, l'anatase, la brookite, la crichtonite des environs de Saint-Christophe-en-Oisans, contiennent parfois des cristaux d'hématite remarquables par la netteté et l'éclat de leurs faces. J'ai étudié un assez grand nombre d'entre eux ; ceux que l'on rencontre dans les collections faites au commencement du siècle proviennent de la Combe de la Selle. Ils ne sont d'ordinaire accompagnés que de quartz, rarement d'albite ; il ne dépassent guère 1 centimètre de diamètre.

Ces cristaux d'hématite se distinguent bien par leur netteté, leur épaisseur et leur couleur gris d'acier bleuâtre des lames minces de crichtonite d'un noir foncé de la même région. Ils sont aplatis suivant a^1 (0001) et possèdent une forme régulièrement hexagonale ; la base est toujours accompagnée des faces e_3 ($22\bar{4}3$) et e^2 ($10\bar{1}0$) ; plus rarement j'ai observé p ($10\bar{1}1$), d^1 ($11\bar{2}0$) dont l'aspect terne et la surface raboteuse contrastent avec l'éclat des autres faces.

L'aspect de ces cristaux est celui de la figure 21, avec en outre de petites faces e^2.

Le scalénoèdre e_5 ($42\bar{6}5$), n'est pas très fréquent, mais quand il existe, il est souvent assez développé.

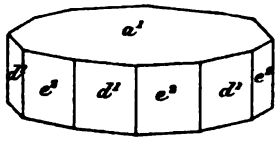


Fig. 32.
Hématite de la Combe de l'Oisans

Lévy a cité (*Descr. coll. Heuland*, pl. LXVI, fig. 5) la combinaison $a^1 e^2 d^1$ représentée par la fig. 32, comme provenant de l'Isère et accompagnant l'épidote. Je ne l'ai pas observée moi-même.

M. de la Durandière m'a remis un échantillon de l'Oisans sans indication précise, constitué par un schiste granitisé, recouvert par des cristaux de quartz, d'hématite et d'épidote ; ces derniers sont parfois

implantés sur l'hématite. Celle-ci est extrêmement aplatie, rappelant par ses formes la crichtonite, mais ne renfermant pas de titane. Les faces p, e_3 ont seules pu être déterminées; des rhomboèdres et des isoscéloèdres très obtus ne donnent aucune mesure précise à cause de l'arrondissement de leurs faces. Ces cristaux sont maclés suivant e^2.

Des cristaux d'hématite du type *eisenrose* ont été récemment trouvés avec quartz hyalin dans un filon du massif des Grandes Rousses près de Clavans; ils m'ont été signalés par M. Denis.

Enfin, je noterai un échantillon d'*eisenrose* de la collection Haüy consistant en lames hexagonales empilées en éventail et supportant des cristaux d'axinite; il est indiqué comme provenant de l'Isère sans indication plus précise.

Hautes-Alpes. De petites rosettes d'hématite se rencontrent dans les fentes de la granulite dans le ravin de la Maison Neuve près du Plateau de Paris (vallée de la Romanche en aval de la Grave).

5° *Dans les formations sédimentaires.*

L'hématite constitue un minerai exploité dans un certain nombre de gisements français. Sa gangue y est fréquemment quartzeuse. Les principaux gisements qui vont être énumérés doivent être cités à cause de leur importance économique; ils n'ont pas d'intérêt minéralogique bien marqué.

a) *Dans les assises paléozoïques.*

Silurien.

Normandie. — Un important niveau ferrifère existe dans l'ordovicien, entre les grès armoricains et les schistes à *Calymene*. Le minerai des affleurements est généralement constitué par de la limonite, mais dans quelques gisements, il est formé par de l'hématite, de la magnétite ou de la sidérite. Dans beaucoup de cas, ce minerai est oolitique et résulte de l'altération de la bavalite.

M. Cayeux considère ces oolites comme le résultat d'épigénies d'oolites calcaires : leur centre serait souvent d'origine végétale. Cette théorie a été énoncée (*C.R.* CXXVII. 1100. 1898) par cet auteur, mais les arguments sur lesquels elle s'appuie n'ont pas été publiés (voir *limonite oolitique*).

Orne. La bavalite de la Ferrière-aux-Étangs est remarquablement

oolitique ; les oolites ont souvent un centre de calcite et de quartz (on trouve fréquemment de grandes oolites en renfermant de plus petites) ; elles sont cimentées par de la bavalite et de la calcite. Aux affleurements, la bavalite est entièrement altérée et transformée en hématite rouge. On trouve tous les passages entre le silicate intact et le produit de sa transformation complète.

Calvados. Le minerai oolitique de May-sur-Orne, se brisant en blocs polyédriques, a la même structure et la même origine que celui de la Ferrière.

Bretagne et Anjou. — *Morbihan*, *Loire-Inférieure*, *Maine-et-Loire*. Il existe deux niveaux de minerai de fer dans l'ordovicien de Bretagne. Le plus inférieur se trouve dans les grès armoricains, il est constitué par de l'hématite ou de la limonite. C'est à ce niveau qu'appartient le gisement de St. Gildas-des-Bois (*Loire-Inférieure*) que j'ai cité page 265 comme exemple de minerai métamorphisé par le granite.

On verra à l'étude de la magnétite que les gisements de ce minéral situés près de Segré (*Maine-et-Loire*) se transforment au voisinage de la surface en hématite, puis en limonite.

Le second niveau ferrifère se trouve dans les mêmes conditions que celui de Normandie, à Sainte-Brigitte près les Salles de Rohan (*Morbihan*) ; l'hématite y est également le produit de l'altération d'une bavalite riche en magnétite.

Ardennes. — *Ardennes et* [*Belgique*]. L'hématite colore en violet les schistes cambriens (devillo-revinien) de Fumay : elle est plus abondante encore dans les phyllades dites oligistifères du salmien, notamment à Viel-Salm (Belgique) où ces assises renferment des intercalations de coticule. Nulle part l'hématite n'est assez abondante pour constituer un minerai ; elle forme seulement des paillettes microscopiques.

Dévonien.

Ardennes. — *Ardennes et* [*Belgique*]. Le dévonien inférieur (gédinnien) renferme des phyllades oligistifères, dans lesquelles l'hématite en paillettes joue le même rôle que dans ceux du cambrien (Braux, par exemple).

Il existe à Couplevoie des couches d'hématite dans le dévonien moyen (eifélien).

Carbonifère et permien.

L'hématite colore en rouge beaucoup de grès et de conglomérats du permien, mais aucun d'entre eux ne renferme en France d'amas d'hématite méritant d'être signalés.

Plateau Central. — *Aveyron.* Les roches houillères de Lasalle près Cransac, spontanément embrasées, renferment de la sidérite lithoïde qui a subi une calcination naturelle et a été ainsi transformée en hématite rouge compacte.

Vosges. — *Haute-Saône.* Des rognons d'hématite compacte, renfermant des nids d'hématite spéculaire, ont été trouvés dans les mines de houille de Ronchamp et de Champagney (notamment à Mourière).

b) *Dans les assises secondaires.*

Trias.

Vosges. — *Haute-Saône.* Des sondages faits autrefois pour des recherches de houille près de Gouhenans ont ramené des marnes irisées des rognons d'hématite compacte à structure conchoïdale, prenant un beau poli.

Alpes. — *Savoie.* Des masses d'hématite écailleuse, véritables schistes à hématite, se rencontrent au dessus du lac Salé d'Arbonne, à Arbalétan en St. Pierre de Belleville, au milieu de schistes lustrés métamorphiques. Ces roches rappellent les itabirites du Brésil (Voir page 268).

Jurassique et crétacé.

La plus grande partie des gisements d'hématite des terrains jurassiques et en particulier ceux possédant la structure oolitique, sont le résultat d'une déshydratation superficielle des couches de limonite oolitique[1], aussi n'en donnerai-je pas d'exemple, renvoyant à l'article *limonite*. Notons du reste, que dans bien des cas ces oolites, malgré leur couleur rouge, renferment encore de l'eau et sont probablement formées par de la turgite, bien que l'abondance de la silice et de l'alumine ne permette pas de faire la démonstration de cette hypothèse.

1. C'est aussi le cas des pisolites ferrugineux accompagnant la bauxite et ceux de la latérite.

Infra-lias et lias.

Plateau Central. — *Aveyron.* Le lias de Veuzac renferme un gisement de limonite, dans lequel se rencontrent des rognons d'hématite écailleuse et de magnétite ; ces minéraux épigénisent des fossiles.

Côte d'Or. La limonite exploitée autrefois à Beauregard, renfermait de nombreux fossiles (unios), transformés en hématite ; leur surface est lisse et régulière, mais leur cassure met en évidence la structure lamellaire et l'éclat métallique de l'hématite qui est miarolitique. De l'hématite lamellaire a été trouvée aussi dans ce gisement hettangien, ainsi que dans celui de Thoste.

Berri. — *Indre.* D'importantes couches d'hématite ont été autrefois exploitées dans les grès rhétiens aux environs de Chaillac et de Saint-Benoit du Sault ; les grès sont eux-mêmes colorés en rouge par l'hématite. Des cristaux de gœthite ont été trouvés près de Chaillac dans le même gisement.

Médiojurassique (bajocien et bathonien).

Bassin du Rhône. — *Ardèche.* L'hématite a été exploitée dans plusieurs mines des environs de Privas (à Veyras notamment). Dans cette région, il existe deux couches distinctes, l'une de l'âge du calcaire à entroques (0^{m}, 40 d'épaisseur) et par suite de celui de la limonite oolitique du Jura ; l'autre qui lui est superposée dépend des marnes du bathonien. La couche inférieure possède une structure oolitique, elle passe à des roches très quartzeuses qui ne sont point des silicates de fer, comme cela a été dit souvent, mais des roches quartzeuses imprégnées d'hématite (minerai agatisé). Cette couche est beaucoup moins riche que la supérieure, à forme lenticulaire, qui a été observée sur 4,460^{m}×1,700^{m}, avec 7^{m} 10 d'épaisseur au centre.

La masse du minerai est coupée par de nombreuses failles qui à son contact renferment de la pyrite.

Le minerai agatisé de Privas renferme çà et là des fragments d'anthracite.

Suprajurassique (callovien, oxfordien).

Bassin du Rhône. — *Ardèche.* Le gisement de la Voulte, aujourd'hui inexploité est interstratifié dans le callovien ; il est célèbre

par les fossiles et notamment les ammonites (A. *macrocephalus*, *anceps*, *athleta*, etc.) ferrugineuses qu'il a fournis en grande abondance. Ses bancs ferrugineux sont séparés les uns des autres par des lits de marnes schisteuses.

A la base, on observe des bancs (2 m. environ) d'hématite oolitique, ils sont recouverts par des couches atteignant plus de 7 m. d'épaisseur et formées par de l'hématite feuilletée qui présente par places des lits agatisés, analogues à ceux de Privas. Enfin le toit du gisement est constitué par des couches peu épaisses de limonite compacte.

L'hématite de la Voulte est creusée de géodes que tapissent de petits rhomboèdres de sidérite : ceux-ci sont parfois recouverts par des cristaux remarquablement limpides de barytine, et généralement riches en faces.

Gard. Des gisements d'hématite agatisée se trouvent dans l'oxfordien (zone à *Ammonites cordatus*) à la Coste de Comeires et à Pierre Morte.

Infracrétacé.

Champagne. — *Haute-Marne.* La couche rouge de Wassy consistant en hématite impure est une formation marine de l'urgonien supérieur qui recouvre des limonites oolitiques de formation d'eau douce.

a) *Dans les assises tertiaires et quaternaires.*

L'hématite se produit par la réduction des minerais de fer pisolitiques aussi bien que par celle des minerais oolitiques (voir à *limonite*).

Bassin de Paris. — *Seine.* Je citerai en terminant les petits globules d'hématite qui, dans l'argile plastique sparnacienne des environs de Paris et particulièrement dans celle des environs d'Issy près de la porte de Versailles, se produisent par transformation de globules de sidérite. La fig. 33 représente une coupe mince faite dans un échantillon riche en globules de ce genre. Ceux-ci sont creux et peuvent être facilement isolés par lévigation : on trouve tous les intermédiaires entre eux et les globules exclusivement constitués par de petits cristaux de sidérite, et figurés plus loin à la description de cette espèce.

6° *Dans les opérations industrielles.*

Des enduits cristallisés d'hématite ont été observés par Boussingault (*C. R.* LXXXIII.1007.1876) dans les fentes d'un four de Ria (*Pyrénées-Orientales*) où se traitait la sidérite.

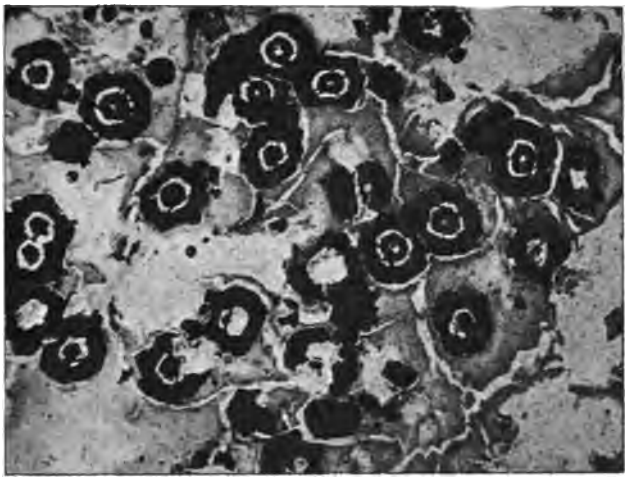


Fig. 33.
Hématite en globules creux provenant de l'épigénie de la sidérite ; dans l'argile plastique d'Issy près la porte de Versailles (Paris). (*Photographie, lumière naturelle, grossissement de 80 diamètres*).

Kuhlmann a constaté la formation de beaux cristaux d'hématite sur les parois d'un four dans lequel était chauffé en grand un mélange de craie et de chlorure de manganèse ferrugineux (régénération du manganèse et fabrication du chlorure de calcium). Ces cristaux étudiés par Des Cloizeaux (*C. R.* LII.1325.1861) ont la forme du type III et présentent la combinaison de a^1, p, d^1, e_3.

GROUPE DES FERS TITANÉS

Les fers titanés sont rhomboédriques, très voisins comme angles de l'hématite, mais ils sont parahémiédriques. Ils sont exclusivement constitués par des oxydes de fer et de titane, mais leur constitution chimique est fort complexe. La découverte du produit Ti^2O^3, isomorphe de Fe^2O^3 et de Al^2O^3 avait fait penser que ces minéraux pouvaient être rattachés au groupe de l'hématite. Des recherches récentes montrent qu'il existe incontestablement une famille constituée de la façon suivante :

Crichtonite[1]	$FeTiO^3$
* *Picrocrichtonite*..	$(Fe, Mg)TiO^3$
* *Geikielite*.....	$MgTiO^3$
* *Pyrophanite*.....	$MnTiO^3$

Ce groupe doit prendre place dans la systématique à la suite de la pérowskite $CaTiO^3$ (t. I, p. 538).

Il faut reconnaître toutefois qu'un petit nombre seulement des fers titanés correspond exactement à la composition de la crichtonite dans le sens que je lui donne ici. Le plus grand nombre d'entre eux, en effet, peuvent être représentés par la formule générale $m\,FeTiO^3$, $n\,Fe^2O^3$ dans laquelle les coefficients m et n peuvent varier entre des limites très étendues. Ces corps ne diffèrent pas comme forme de la crichtonite et sont comme elle parahémiédriques ; ce sont ceux auxquels je réserve le nom d'*ilménite*.

Pour compléter l'histoire des composés de fer et de titane, il y a lieu de rappeler les *hématites* un peu titanifères $(Fe,Ti)^2O^3$, dont il a été question plus haut et qui peuvent être regardées comme un mélange

1. Cet emploi du mot *crichtonite* se légitime par la composition chimique du minéral de l'Oisans auquel il a été donné et par l'antériorité de ce nom, créé en 1817 par de Bournon, alors que celui d'*ilménite* n'a été proposé qu'en 1827 par Kupffer (*Kerst. Arch. Min.* X. I.) pour désigner le minéral de l'Oural. La composition de ce dernier correspond du reste à la seconde formule, alors que la crichtonite de l'Oisans répond presque exactement à la composition théorique exigée par la formule $FeTiO^3$.

isomorphe de Fe^2O^3 et de Ti^2O^3, et enfin la *titanomagnétite* cubique $Fe\,(Fe,Ti)^2O^4$ qui sera décrite dans le groupe des spinellides dont elle fait partie.

Enfin je décrirai à la suite de ce groupe des fers titanés, la *pseudo-brookite* dont la composition sera discutée plus loin.

CRICHTONITE ET ILMÉNITE

$Fe\,Ti\,O^3$ $\quad$ $m\,Fe\,Ti\,O^3$, $n\,Fe^2\,O^3$

Rhomboédrique parahémiédrique.

$$pp = 85°21'.$$
$$[\,a : c = 1 : 1{,}38455 \text{ (Kokscharoff)}\,]\ ^1.$$

Formes observées. a^1 (0001); d^1 ($11\bar{2}0$);

a^{10} ($30\bar{3}4$), p ($10\bar{1}1$), [e^4 ($50\bar{5}2$)?], $e^{7/2}$ ($30\bar{3}1$), $e^{3/2}$ ($05\bar{5}1$), e^1 ($02\bar{2}1$), $e^{4/5}$ ($03\bar{3}2$), $e^{2/7}$ ($03\bar{3}4$), [$e^{1/4}$ ($05\bar{5}7$)?], $a^{1/6}$ (0.5.$\bar{5}$.13), $a^{1/2}$ ($01\bar{1}5$), $a^{7/10}$ ($01\bar{1}9$), $a^{3/4}$ (0.1.$\bar{1}$.11);

e_3 ($22\bar{4}3$), $k = (d^{1/9}\,d^{1/2}\,b^{1/6})$ (7.7.$\bar{1}\bar{4}$.6), $x = (d^{1/6}\,d^1\,b^{1/4})$ (5.5.$\bar{1}\bar{0}$.3), $\tau = (d^{1/14}\,d^{1/5}\,b^{1/13})$ ($36\bar{9}2$).

Les rhomboèdres $a^{3/4}$, $a^{7/10}$, $a^{1/2}$, trouvés par Des Cloizeaux dans la crichtonite, ont été considérés comme inverses du primitif par analogie avec des cristaux d'autres localités, mais l'absence d'autres formes dans les cristaux qui les présentent ne permet par d'affirmer qu'il en soit ainsi, et il est possible que ce soient les rhomboèdres directs correspondants $a^{13/10}$ (1.0.$\bar{1}$.11), $a^{11/8}$ ($10\bar{1}9$), $a^{7/4}$ ($10\bar{1}5$).

Les formes a^{10}, $a^{1/6}$, $e^{7/2}$, $e^{4/5}$, τ et k ont été trouvées uniquement sur la mohsite dont il sera question plus loin.

Macles. 1° Macles suivant l'axe ternaire. Dans la mohsite, cette macle se produit par accolement suivant une face de la zone verticale, avec rotation de 30° : elle est polysynthétique, donnant les groupements compliqués avec angles rentrants (fig. 8).

2° Macles polysynthétiques suivant ν ($10\bar{1}1$), plus rares que dans l'hématite.

1. Des Cloizeaux a adopté pour point de départ de sa liste d'angles un rhomboèdre de 86° 0′, en se basant sur d'anciennes mesures de Kokscharoff effectuées sur l'ilménite de l'Ilmen. Depuis lors, Kokscharoff a publié (*Materialen Russland* VI, 350. 1874) des mesures plus précises qui conduisent aux paramètres adoptés ici.

Les angles donnés ici ont été mesurés sur la crichtonite de l'Oisans par Lévy (L), par Des Cloizeaux (Dx.), et par moi-même (Lx') ou sur la mohsite (Lx).

	Angles calculés.	Angles mesurés.
$a^1\ a^{10}$	129°49′	130°12′Lx
$^*a^1\ p$	122°1′30	122° Dx
$a^1\ e^4$	104°3′	
$a^1\ e^{7/2}$	101°47′	102°4′ Lx
$a^1\ e^2$	90°	
$a^1\ e^{3/2}$	97°8′	97°12′Lx′
$a^1\ e^1$	107°22′	
$a^1\ e^{4/5}$	112°48′	113°10′ Lx
$a^1\ e^{2/7}$	129°49′	130°10′ Lx
$a^1\ e^{1/4}$	131°12′	
$a^1\ a^{1/6}$	148°24′	148°40′ Lx
$a^1\ a^{1/2}$	162°16′	
$a^1\ a^{7/10}$	169°56′	170°10′ à 35′ Dx
$a^1\ a^{3/4}$	171°44′	172°10′ Dx
$a^1\ e_3$	118°27′	
$e_3\ e_3$ s. d^1	123°6′	
$a^1\ k$	106°54′ Lx	
$a^1\ x$	102°13′30″	
$a^1\ d^1$	90°	
$a^{10}a^{10}$ culm.	96°26′	

	Angles calculés.	Angles mesurés.
pp	85°31′	
$e^4\ e^4$	65°22′	
$e^{7/2}\ e^{7/2}$	64°3′	
$e^{3/2}\ e^{3/2}$	61°31′	61°29′ Lx
$d^1\ e^1$	158°30′30″	
$e^1\ e^1$ s. p.	68°30′30″	
pe^1	124°15′	
pe_3 adj.	153°55′	
$e_3\ e_3$ s. p.	127°50′	
$e^{4/5}\ e^{4/5}$	74°3′	
$e^{2/7}\ e^{2/7}$	96°26′	
$e^{1/4}\ e^{1/4}$	98°40′	
$a^{1/6}\ a^{1/6}$	125°42′	
$a^{1/2}\ a^{1/2}$	148°35′	148° env. Dx
$a^{7/10}a^{7/10}$	162°35′	
$a^{3/4}\ a^{3/4}$	165°42′	
$e^{4/5}\ \tau$	157°8′	157°20′ Lx
$e^{4/5}\ d^1$	143°3′	142°30′ env. Lx
τd^1	165°55′	
$\tau\tau$ s. a^{10}	99°58′	

Faciès des cristaux. L'ilménite se rencontre presque toujours en cristaux basés, mais le développement des diverses faces est assez varié et conduit aux types suivants :

Type I. Ce type, réalisé dans l'ilménite de l'Ilmen, est caractérisé par une large base, les rhomboèdres p $(10\bar{1}1)$, e^1 $(02\bar{2}1)$ et l'hémiisoscéloèdre $1/2\ e_3$ $[\pi(22\bar{4}3)]$; c'est dans ce type que l'hémiédrie est surtout accentuée grâce à la constance de la forme $1/2\ e_3$ (fig. 1).

Type II. Dans ce type (*mohsite*), la base est accompagnée de rhomboèdres directs et inverses, les prismes et les hémiscalénoèdres ne jouent qu'un rôle secondaire (fig. 7). Ce type offre d'une façon constante des macles à 30° (fig. 8).

Type III. Ce type diffère des types I et II par l'aplatissement extrême suivant a^1 (0001), il est souvent riche en faces généralement courbes et difficilement déterminables (*crichtonite* lamellaire).

Type IV. Les cristaux de *crichtonite* de l'Oisans sont caractérisés

par la prédominance du rhomboèdre très aigu $e^{3/2}$ (05$\bar{5}$1) quelquefois seul, mais le plus souvent accompagné d'une base peu développée (fig. 3 à 5).

Type V. Les cristaux de ce type sont caractérisés par le grand développement de la base et du prisme d^1 (11$\bar{2}$0) ; dans la *washingtonite*, on observe en outre le rhomboèdre primitif. Ce type est à comparer au type VI de l'hématite (fig. 17).

Type VI. Il est possible que les cristaux d'*isérite*, considérés comme constituant des octaèdres réguliers, soient en réalité des rhomboèdres aigus d'angle voisin de l'octaèdre régulier, rhomboèdres accompagnés d'une base.

Quant aux cristaux titanifères octaédriques des gisements d'Auvergne, ils sont tous constitués par de la *titanomagnétite*.

L'ilménite se présente souvent en lames plus ou moins minces, appartenant par suite au type III, mais dans lequel les faces de bordure sont indéterminables ou absentes ; ces lames sont parfois assez minces pour présenter un aspect micacé.

Le même minéral se trouve aussi en masses plus ou moins compactes, en grains ou en sable provenant de la désagrégation des roches qui le contiennent.

Clivages. Clivage ou plans de séparation suivant a^1 (0001) (crichtonite). Cassure conchoïdale.

Dureté. 5 à 6.

Densité. 4,5 à 5. 4,727 (crichtonite, Oisans).

Coloration et éclat. D'un noir de fer, souvent un peu violacé (crichtonite). Éclat plus ou moins métallique suivant les variétés. Poussière noire à rouge brun. D'ordinaire opaque, parfois translucide et brune en lames extrêmement minces.

Groupements réguliers avec d'autres minéraux. L'ilménite se groupe souvent avec la magnétite suivant le même mode que l'hématite, les lames a^1 (0001) d'ilménite étant distribuées dans le cristal de magnétite parallèlement à une face a^1 (111) de celui-ci, de telle sorte que les deux minéraux ont un axe ternaire commun (voir à *magnétite*). Ces groupements ne sont généralement pas macroscopiquement visibles, mais en traitant par l'acide chlorhydrique une préparation mince de l'assemblage, il est possible de dissoudre d'abord la magnétite et de mettre en évidence les lames translucides de l'ilménite. Il est fort probable que beaucoup de magnétites titanifères doivent leur teneur en titane

à de semblables groupements d'ordre physique et sont par suite différents de la titanomagnétite. Quand les individus constituant le groupement ne sont pas trop petits, il est possible à l'aide d'un aimant d'effectuer une séparation mécanique satisfaisante.

Les inclusions brunes translucides et les inclusions opaques qui constituent la schillerisation des plagioclases, de l'hypersthène et du diallage sont probablement constituées par de l'ilménite. On a vu à l'étude de ces divers minéraux que ces inclusions sont géométriquement orientées sur leur hôte.

Propriétés électriques. Non magnétique à l'état pur.

Composition chimique. La formule $Fe\,Ti\,O^3$ correspond à la composition *a*). Une petite quantité de fer peut être remplacée par du manganèse (*Ardennes*) ou du magnésium.

Les principaux noms de variétés ont été donnés d'après les différences de teneur en titane ou dans l'hypothèse indiquée plus haut d'après la valeur de *m* et de *n* dans la formule $m\,Fe\,Ti\,O^3$, $n\,Fe^2\,O^3$. La *kibdelophane* contient environ 30 °/₀ de TiO^2, l'*ilménite* de 30 à 26 °/₀, la *ménaccanite* environ 25, la *washingtonite* et l'*hystatite* de 20 à 15, l'*uddevallite* environ 10.

J'ai rangé dans les hématites les minéraux renfermant moins de 10 °/₀ de titane.

Analyses *b*) de la crichtonite de l'Oisans par Marignac (*A. C. P.* XIV. 50. 1845).

c) de l'ilménite épigénisant le rutile des environs de Vannes par von Lasaulx (*Z. K.* VII. 1883).[1]

	a)	*b*)	*c*)
TiO^2.....	52,7	52,27	55,38
FeO.....	47,3	46,53	36,31
Fe^2O^3.....		1,20	8,25
	100,0	100,00	99,94
Densité.....		4,727	4,69

Essais pyrognostiques. Au chalumeau, au feu réducteur, s'arrondit sur les angles si l'esquille étudiée est mince. Avec le borax et le sel de phosphore, donne au feu oxydant les réactions du fer; avec le sel de phosphore, au feu réducteur, donne une perle rouge brun qui devient rouge violet par addition d'étain.

1. Il ne faut pas perdre de vue que l'examen microscopique de beaucoup d'ilménites y montre l'existence d'aiguilles de rutile.

Les fers titanés se dissolvent lentement dans l'acide chlorhydrique ; la solution *concentrée*, portée à l'ébullition avec du zinc ou de l'étain, prend une couleur bleue ou violette.

Le procédé le plus commode et le plus rapide pour mettre en évidence le titane, consiste à utiliser les réactions colorées des alcaloïdes et des phénols. Le minéral est attaqué par l'acide chlorhydrique ou l'acide fluorhydrique ; une goutte de la liqueur ainsi obtenue colore en rouge cramoisi la solution sulfurique (acide sulfurique concentré) de morphine, en grenat celle de thymol, en rouge brique celle de phénol ou d'acide gallique, en brun rouge celle de pyrocathéchine.

Altérations. Transformation en sphène. — Dans les roches, les fers titanés se transforment souvent en sphène (*leucoxène*) parfois accompagné de rutile (voir Tome II, p. 253, fig. 23) ; inversement, l'ilménite épigénise souvent le rutile.

Transformation en anatase. — J'ai décrit page 189 (fig. 14), les pseumorphoses d'ilménite en anatase, elles sont beaucoup plus rares que les précédentes.

Transformation en carbonates. — L'ilménite présente parfois, notamment dans les phyllites, des transformations en carbonates rhomboédriques parmi lesquels domine la sidérite : ces carbonates contiennent fréquemment des inclusions de rutile.

Diagnostic. Cristallisée, l'ilménite ne peut guère être confondue qu'avec l'hématite ; elle s'en distingue en tous cas par la couleur de sa poussière et ses réactions chimiques dues à la présence du titane.

Quand l'ilménite est dépourvue de formes géométriques, elle présente le même aspect que la magnétite, elle ne s'en différencie guère que par son absence de magnétisme et par ses réactions chimiques.

L'absence de magnétisme est le seul caractère distinctif de l'ilménite et de la titanomagnétite : celle-ci a cependant un éclat plus métallique, alors que celui de l'ilménite est plus résineux.

Il est facile de distinguer l'ilménite des spinelles noirs, qui l'accompagnent dans les tufs basaltiques du Velay, par la plus grande dureté et la résistance complète des spinelles à l'action des acides.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

L'ilménite est un minéral abondant comme élément des roches, il ne se rencontre que dans un petit nombre de gisements en échantillons offrant quelque intérêt minéralogique. On le trouve :

1° Dans les roches éruptives.
2° Dans les schistes cristallins et les roches métamorphiques.
3° Dans des filons ou des remplissages incomplets de fentes.
4° Dans les sables.

1° *Dans les roches éruptives.*

L'ilménite peut se rencontrer comme élément constitutif de presque toutes les roches éruptives, cristallines ou métamorphiques ; elle y accompagne l'hématite, la magnétite et y joue le même rôle que ces minéraux. Elle se rencontre rarement en cristaux isolables, elle forme le plus souvent des lames, des grains, des masses plus ou moins considérables.

Elle est en moyenne peu abondante dans les roches les plus acides (granites, syénites), mais celles-ci en renferment parfois de beaux cristaux : elle est au contraire très fréquente dans les diorites, les gabbros, les diabases, certaines andésites et surtout les basaltes et les roches basiques à néphéline et leucite.

Dans les roches microlitiques, elle se trouve en phénocristaux anciens, englobés dans tous les éléments silicatés et en microlites, fréquemment associés d'une façon intime à la magnétite. Elle constitue aussi des lames hexagonales très aplaties suivant la base, souvent assez minces pour être transparentes (ilménite micacée).

L'ilménite est facile à reconnaître dans les roches, grâce à sa fréquente altération en leucoxène, mais il ne faut pas oublier que celui-ci se rencontre aussi autour de la titanomagnétite.

Je ne m'occuperai dans les lignes qui suivent que de quelques gisements particulièrement riches en ilménite macroscopique.

a) *Dans le granite et dans ses produits d'émanation.*

Pyrénées. — *Ariège.* J'ai recueilli près du petit lac de Laurenti (massif du Quérigut) un fort bel échantillon d'ilménite dans une fente des schistes basiques métamorphisés par le granite et non loin de celui-ci. Le remplissage de cette fente est constitué par du quartz creusé de cavités, que recouvrent de longs cristaux de tourmaline noire et des lames d'ilménite atteignant 2 cm. de diamètre. Elles portent l'empreinte des cristaux de tourmaline qui étaient couchés sur elles.

Plateau Central. — *Haute-Loire.* La collection du Muséum possède des échantillons de granulite en partie fondue, provenant des scories basaltiques du Croustet près le Puy et renfermant des fragments de cristaux d'ilménite ayant 2 cm. de plus grande dimension. On peut distinguer que ces cristaux sont aplatis suivant la base et appartiennent au type 1 (fig. 1) de ceux de l'Ilmen, les formes p $(10\bar{1}1)$ et e_3 $(22\bar{4}3)$ sont surtout distinctes. Cette observation est intéressante en ce qu'elle montre que les fragments d'ilménite recueillis dans les tufs basaltiques du Velay n'ont pas tous une même origine volcanique (voir plus loin).

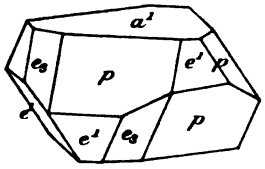


Fig. 1.
Ilménite (forme commune)
(Type I).

La même collection contient un fragment de la grosseur du poing, provenant des tufs basaltiques de Sainte-Anne près le Puy, consistant en ilménite à cassure vitreuse et à éclat de poix, englobant un peu de quartz et de feldspath altéré.

Puy-de-Dôme. De gros grains d'ilménite se rencontrent assez abondamment dans des enclaves énallogènes du basalte de Montaudou. Ce sont des granulites très pauvres en quartz, très feldspathiques, renfermant quelques beaux cristaux de zircon.

Maures. — *Var.* De l'ilménite en grandes lames contournées se rencontre dans les granulites à muscovite, traversant les micaschistes à minéraux de l'île du Levant.

b) *Dans les gabbros.*

C'est l'ilménite qui constitue probablement les inclusions brunes de l'hypersthène et du diallage des gabbros, la schillérisation de leurs feldspaths.

Bretagne. — *Loire-Inférieure.* Comme exemple d'ilménite contenue dans les gabbros, je ne saurais citer un meilleur exemple que celui du massif du Pallet. On y trouve, particulièrement dans les variétés à grands éléments, des nodules d'ilménite atteignant plusieurs centimètres de diamètre ; ils n'ont pas de formes géométriques.

c) *Dans les roches volcaniques.*

α) Dans les basaltes.

L'ilménite se trouve dans les roches basaltiques sous deux formes macroscopiques. 1° en nodules, à cassure vitreuse très éclatante

ayant parfois plusieurs centimètres de diamètre ; ils sont surtout abondants en fragments épars dans les tufs basaltiques et sont quelquefois englobés par la roche massive ; ils paraissent résulter de cristallisations profondes effectuées dans le magma basaltique. 2° en lames très minces, aplaties suivant la base, elles sont particulièrement abondantes dans les variétés doléritiques des basaltes à grands éléments.

Plateau Central. — *Haute-Loire.* L'ilménite en gros grains non magnétiques se rencontre associée à des octaèdres nets et à des grains de titanomagnétite (magnétique), dans les scories basaltiques du Velay et notamment de Croustet, Taulhac, Vialette, Bilhac, Mons, Sainzelle, mais elle y est incomparablement moins abondante que la titanomagnétite : dans les échantillons que j'ai examinés, plus de 90 % des grains sont constitués par ce dernier minéral. Dans ces localités, l'ilménite vient en partie du magma basaltique lui-même, on la trouve en effet parfois englobée dans des cristaux d'augite et de hornblende, mais on a vu plus haut qu'elle fait aussi partie d'enclaves de granulite et cette origine n'est pas à négliger quand on pense à l'abondance des cristaux de zircon et de corindon qu'elle accompagne sous forme de gros nodules dans les basaltes de nombreuses localités.

Puy-de-Dôme. L'ilménite a été signalée dans les basaltes du Puy-de-Dôme en rognons atteignant la grosseur d'une noix (Montaudou, Soignat, etc.) ; ils sont parfois recouverts de cristaux de christianite (Prudelles) : tous les échantillons que j'ai personnellement examinés sont très magnétiques et doivent être rapportés à la titanomagnétite.

L'ilménite abonde en grands cristaux dans les néphélinites doléritiques du Puy de Sandoux (Barneire).

Cantal. Le plus remarquable gisement de basalte doléritique d'Auvergne est celui de Bouzentès près Saint-Flour ; il renferme des parties très cristallines, très miarolitiques dans lesquelles l'ilménite est visible à l'œil nu ; elle se trouve même en lamelles de quelques millimètres dans des géodes où elle est intimement associée à des cristaux de labrador, d'augite et d'olivine. Ces lamelles en nombre plus ou moins grand sont souvent embrochées par ces divers minéraux.

Provence. — *Bouches-du-Rhône.* La labradorite doléritique de Beaulieu (1 km. 5 à l'Est du château) renferme, comme élément très abondant, l'ilménite en lames de plusieurs millimètres : elles s'isolent dans les cavités et tranchent par leur couleur noire sur le fond blanc de l'andésine et du labrador qui constituent la plus grande partie de la roche.

2° *Dans les schistes cristallins et les roches métamorphiques.*

L'ilménite n'est pas moins fréquente dans les schistes cristallins et les roches métamorphiques que dans les roches éruptives ; de même que dans celles-ci, elle se rencontre associée à la magnétite ou à l'hématite, surtout dans les types pétrographiques basiques (gneiss amphiboliques et pyroxéniques, amphibolites, etc).

Bretagne. — *Morbihan.* De nombreux gisements d'ilménite ont été découverts par M. de Limur (*op. cit.*, 26) dans la baie du Morbihan, aux environs immédiats de Vannes (Anses de Conleau, de Salins, de Séné) ; je m'en suis occupé déjà longuement à l'occasion du rutile (p. 198). Il est certain que dans ces gisements, l'ilménite résulte toujours de la transformation du rutile. Elle forme au milieu des gneiss, de petites masses arrondies, d'un noir de fer, ayant un aspect comme fondu.

Quand il existe à l'état distinct une forme géométrique, elle est toujours à rapporter à celle du rutile qui se voit souvent à l'état intact sur la section fraîche des cristaux. J'ai en effet examiné plusieurs centaines de ces échantillons dont les dimensions varient depuis quelques millimètres jusqu'à près de 3 centimètres, sans trouver aucune forme que l'on puisse rapporter à l'ilménite ; par contre les clivages du rutile persistent parfois, alors que la transformation paraît complète. Les analyses données page 195 font voir que l'on rencontre toutes les étapes de la transformation entre le rutile et l'ilménite pure ; il est facile de les suivre au microscope (fig. 4, p. 198) : l'ilménite se transforme elle-même en anatase (p. 189, fig. 14).

Loire-Inférieure. L'ilménite en grains noirs de fer existe dans les amphibolites de Maisdon en assez grande abondance pour qu'on en ait autrefois tenté l'exploitation comme minerai de fer. L'analyse qu'en a donnée Berthier (*A. M.* XIII. 214. 1826) se rapporte au minerai brut et ne peut servir à établir la composition du minéral pur.

Plateau Central. — *Rhône.* Des nodules d'ilménite se trouvent dans les gneiss amphiboliques du pigeonnier de Francheville près Lyon.

Ardennes. — [*Belgique*]. L'ilménite joue le rôle d'élément essentiel dans les curieuses phyllades réviniennes des Forges de la Commune et des environs de Lairfour (ravin de la Pilette, décrites par Renard

(*Bull. Ac. Belg.*, III. 88. 1884) ; elle constitue des paillettes arrondies noires, miroitantes, extrêmement minces se détachant sur le fond gris bleuâtre du schiste. Elles renferment en grande quantité des inclusions régulièrement orientées de rutile ; les analyses ont montré que cette ilménite est manganésifère.

3° *Dans des filons quartzeux ou dans des remplissages incomplets de fentes.*

L'un des gisements qui fournit l'ilménite en plus beaux cristaux est analogue à celui qui a été signalé page 276 dans l'étude de l'hématite. L'ilménite s'y rencontre associée aux mêmes minéraux : quartz, albite, adulaire, plus rarement anatase, brookite. On la trouve aussi sous forme lamellaire dans quelques filons de quartz.

Bretagne. — *Finistère*. Des filonnets quartzeux traversant les schistes précambriens de Loquirec renferment des lames d'ilménite sur lesquelles sont parfois implantés des cristaux de rutile régulièrement orientés comme dans la figure 3 de la page 193.

Morbihan. L'île de Groix est riche en ilménite qui y a été signalée pour la première fois par M. de Limur (*op. cit.*, 24) sous le nom de *crichtonite* ; c'est à ce savant que je dois les nombreux échantillons que j'ai étudiés.

L'ilménite se trouve dans les filonnets d'albite qui traversent les micaschistes de l'île ; elle est surtout abondante sur la côte Est du ravin allant de Locmaria à la mer, alors que sur le versant Ouest se trouvent les gisements de rutile dont il a été question page 199. Elle constitue des lames atteignant souvent plusieurs centimètres carrés ; elles sont parfois très minces, mais peuvent atteindre 1 cm. d'épaisseur. Souvent empilées, quelquefois séparées les unes des autres par une mince couche d'albite ou de quartz, ces lames ont le plus généralement une surface gondolée ; très rarement, elles ont des contours géométriquement hexagonaux (type V).

Le minéral est éclatant sur la base ; d'un noir un peu bleuâtre, se rapprochant de la couleur de l'hématite titanifère. Sa poussière est noire. Il est englobé soit dans l'albite, soit dans le quartz ; plus rarement, on le trouve dans les micaschistes ou les schistes amphiboliques au voisinage de filonnets d'albite. Ce gisement rappelle d'une façon frappante celui que j'ai trouvé et décrit il y a quelques années à l'île de Polycandros dans l'Archipel.

Loire-Inférieure. L'ilménite lamellaire abonde dans les filonnets quartzeux traversant les micaschistes et les schistes micacés de la *Loire-Inférieure*, à Haut-Bois en les Touches, aux environs de Nantes (Petit-Port, Pont-du-Cens, Oudon, Mauves), à Pornic et sur la côte de Sainte-Marie, etc. C'est la destruction de ces filons qui fournit une partie de l'ilménite des sables des côtes de la Loire-Inférieure.

Alpes. — *Savoie.* La crichtonite en petites lames noires accompagne l'anatase dans un échantillon de la collection d'Haüy, indiqué comme provenant de Notre-Dame de Briançon près Moutiers en Tarentaise.

Isère. De Bournon a découvert en 1788, parmi les échantillons d'anatase de l'Oisans un minéral en rhomboèdres aigus ou en lames très aplaties suivant la base qu'il a désigné sous le nom de *crichtonite*[1] (*Catalog. de la collection part. du Roi*, Paris. 1817. 430); dans l'atlas qui accompagne son livre, de Bournon donne plusieurs figures représentant les combinaisons observées par lui. Elles sont essentiellement caractérisées par la prédominance du rhomboèdre $e^{3/2}$ ($05\bar{5}1$), accompagné ou non de la base. La fig. 2 représente d'après cet auteur et d'après Lévy, une combinaison dans laquelle se trouve e^4 ($50\bar{5}2$) : enfin, d'après de Bournon, il existerait en outre un rhomboèdre inverse, faisant avec la base un angle d'environ 130° (voir plus loin), un rhomboèdre direct[2] faisant avec la base un angle d'environ 126° et deux scalénoèdres dont il figure les petites facettes sur l'arête rhomboédrique tronquée par e^4 : les faces de l'un feraient environ 120° et les faces de l'autre 126° avec une face $e^{3/2}$ adjacente.

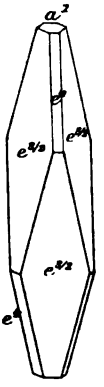


Fig. 2. Crichtonite de l'Oisans (d'après Lévy).

1. De Bournon avait adopté le nom de *craitonite*, traduisant, dit-il, en français le nom du Dr Crichton auquel il dédiait l'espèce nouvelle : le minéral, ajoute-t-il, s'écrirait en anglais *crichtonite*. C'est cette dernière orthographe qui d'après les règles habituelles de la nomenclature doit être adoptée.

Des essais qualitatifs avaient fait supposer alors que le minéral renfermait de la zircone, du fer, du manganèse et de la silice. Cordier a publié (*A. M.* III. 449. 1818) un mémoire dans lequel il s'efforce d'établir l'identité de la crichtonite et de l'helvine qui venait d'être décrite et qu'il considérait, non comme tétraédrique, mais comme rhomboédrique. Cette erreur a été relevée par Beudant (*Bull. soc. philom.* 1819. 55) dans le compte rendu d'une note de Berzélius, établissant que la crichtonite est un titanate de fer.

2. Ce rhomboèdre que je n'ai pas observé serait $a^{19}(60\bar{6}7)$; $a^1\ a^{19}$ (calc.) = 126°7′.

Miller a donné (*Phillips Miner.*, 1852, p. 239, fig. 261), la projection sur la base d'un cristal montrant la combinaison $e^{3/2}$, e_3, a^1, $\frac{1}{2}x$ [π (5.5.$\bar{1}\bar{0}$.3)] et d^1 ($11\bar{2}0$).

Je n'ai eu à ma disposition qu'un très petit nombre de ces cristaux de crichtonite qui sont rares : les uns sont implantés seuls sur un fragment d'aplite à grains fins (collection Haüy), les autres reposent sur des cristaux de quartz chlorités ou sont englobés par eux. Ils présentent tous le rhomboèdre dominant $e^{3/2}$ et la base plus ou moins développée (fig. 3 et 5), mais là cesse l'accord avec les observations des précédents auteurs : je n'ai point trouvé e^4, mais trois hémiscalénoèdres situés comme ce rhomboèdre sur l'arête culminante de $e^{3/2}$; ils ne donnent que de très mauvaises mesures à cause de l'inégalité de leurs faces et surtout de celles de a^1 et $e^{3/2}$, aussi n'ai-je pu préciser leurs symboles.

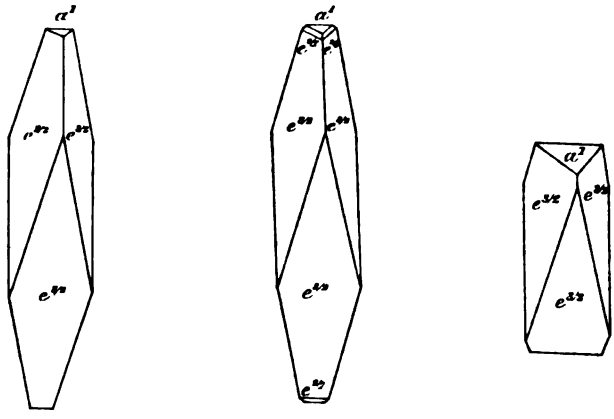


Fig. 3 à 5.
Crichtonite de l'Oisans (Type IV).

Sur un cristal, j'ai observé un rhomboèdre inverse constituant une fine bordure entre a^1 et $e^{3/2}$: son angle avec a^1 est d'environ 130°10′, il correspond donc à $e^{2/7}$ ($03\bar{3}4$), inverse de a^{10} ($30\bar{3}4$) l'un des rhomboèdres dominant de la mohsite (fig. 4). C'est très vraisemblablement ce rhomboèdre qu'a figuré de Bournon, et non $e^{1/4}$, comme l'a interprété des Cloizeaux ; en effet $a^1\, e^{1/4} = 131°36'$.

Les gisements d'anatase de l'Oisans renferment encore une autre forme de crichtonite déjà indiquée par de Bournon ; elle se présente sous forme de lames minces, aplaties suivant la base (type III). C'est cette variété que Marignac a analysée (analyse *b*). Des Cloizeaux y

a signalé les combinaisons a^1 (0001), p (10$\bar{1}$1), $a^{1/2}$ (01$\bar{1}$5); $a^1\ a^{3/4}$ (0.1.$\bar{1}$.11), $a^{7/10}$ (01$\bar{1}$9). De Bournon a figuré $a^1\ e^{3/2}$.

Cette variété lamellaire de crichtonite, à l'inverse de la précédente, est très abondante, c'est celle qui existe dans toutes les collections. Elle se rencontre surtout dans les gisements d'anatase situés au Sud de la Romanche et particulièrement aux environs de Saint-Christophe. Ses lames sont empilées sans ordre ou en rosettes ; il est rare de pouvoir déterminer les formes qui constituent leur bordure ; toutes leurs faces sont généralement courbes.

La crichtonite lamellaire est d'ordinaire implantée avec quartz, albite, anatase, elle est très fréquemment associée à la ripidolite.

La collection du Muséum possède un très curieux échantillon recueilli en 1827 aux environs du Bourg d'Oisans et probablement au Rocher d'Armentières, il consiste en un cristal de calcite offrant les formes p (10$\bar{1}$1), a^1 (0001) et mesurant environ 10 cm. suivant un axe binaire. Cette calcite est ferrugineuse, brunâtre sur les trois faces inférieures produites par clivage, ses autres faces sont recouvertes de ripidolite d'un vert foncé. Cet échantillon supporte de petits cristaux de brookite, d'anatase et enfin de crichtonite dont le principal cristal mesure environ 2 cm. Les faces latérales sont difficiles à déterminer, le cristal étant accolé à sa gangue par une face a^1 (0001) ; celle-ci est remarquable par ses nombreuses et profondes figures de corrosion.

Hautes-Alpes. Lévy a décrit (*Phil. Magaz.*, I. 221. 1827) sous le nom de *mohsite* un minéral se présentant en cristaux noirs, implantés sur du quartz hyalin légèrement chlorité, et provenant *probablement* du Dauphiné. Lévy l'a considéré comme voisin de l'ilménite, mais comme constituant une espèce distincte ; il a cependant fait remarquer que le minéral pourrait être identique à la crichtonite dont le rhomboèdre dominant ($e^{3/2}$) rapporté à celui de la mohsite prend le symbole simple $e^{4/5}$. Miller, puis Des Cloizeaux ont montré que si l'on donne au rhomboèdre primitif choisi par Lévy pour la mohsite le symbole $e^{4/5}$, connu dans l'hématite, on obtient 85°17′ pour valeur de pp et que par suite il est probable que le mohsite n'est qu'une variété d'ilménite. Cette opinion est rendue plus vraisemblable encore quand on admet, comme je l'ai fait plus haut, 85°31′ et non 86° pour la valeur du rhomboèdre primitif de l'ilménite.

1. Lévy fait remarquer en outre la très grande analogie des formes et des valeurs angulaires que présentent la mohsite et l'eudialyte.

La fig. 6 représente, d'après Lévy, la forme des cristaux de mohsite : les faces portent les notations adoptées par ce savant (notations entre crochets) $[a^1] = a^1$ (0001), $[p] = e^{4/5}$ (03$\bar{3}$2), $[b^1] = a^{10}$ (30$\bar{3}$4), $[e^4] = e^{7/2}$ (30$\bar{3}$1), $[d^1] = d^1$ (11$\bar{2}$0), $\tau = [d^2] = \tau$ (36$\bar{9}$2). Les cristaux sont généralement constitués par des macles par rotation autour de l'axe ternaire.

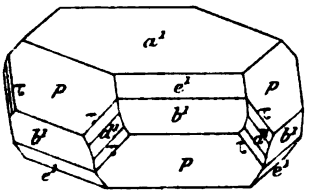


Fig. 6.
Mohsite, d'après Lévy (Type II) considérée comme minéral distinct.

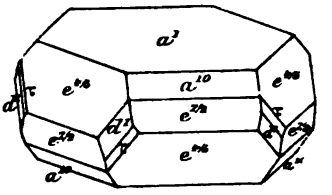


Fig. 7.
Mohsite de la Plate Muratouse (orientation de l'ilménite).

Depuis la publication du mémoire de Lévy, la mohsite n'avait plus été retrouvée et à ma connaissance, il n'en existe dans aucune collection. Je viens de rencontrer des cristaux tout à fait identiques à ceux décrits par Lévy ; ils accompagnent l'anatase, la brookite, le quartz et l'albite dans les fentes d'une aplite sur les bords du torrent de la Plate Muratouse (rive gauche de la Romanche) non loin de La Grave. Le quartz est souvent un peu chlorité et associé à des scalénoèdres d^2 de calcite.

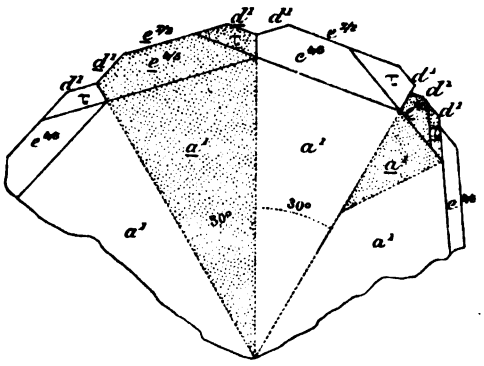


Fig. 8.
Macle de la Mohsite de la Plate Muratouse (Projection sur la base).

Ces cristaux de mohsite ayant de 4 à 5 millimètres de diamètre sont implantés sur leur gangue par une face plus ou moins perpendiculaire à la base ; aussi est-il facile de constater que tous, sans exception, offrent la macle par rotation de 30° autour de l'axe ternaire (fig. 8). La base est d'ordinaire ondulée ; d^1 porte des stries parallèles aux arêtes d^1 τ. Les cristaux que j'ai examinés ne sont pas holoèdres comme l'indique la figure de Lévy ; ils sont parahémièdres (fig. 7) ; quelquefois, par suite de macles, il existe sur certains cris-

taux les deux formes conjuguées 1/2 τ [π (3$\bar{6}$92)], mais alors, tandis que l'une est nette et brillante, l'autre est rudimentaire et à peine mesurable.

La macle toujours polysynthétique présente des angles rentrants, plus ou moins développés, suivant la largeur des faces d^1. Les individus constituants sont, du reste, assez variés de taille (fig. 8).

En outre des formes représentées par la fig. 7, j'ai observé le rhomboèdre nouveau $a^{1/6}$ (0.5.$\bar{5}$.13) et un isoscéloèdre voisin d'une forme connue dans le corindon, k (7.7.$\bar{14}$.6). Il existe probablement d'autres formes que celles qui viennent d'être signalées et je me réserve de les étudier plus tard, ces cristaux me parvenant au moment de la mise en pages de cette feuille. C'est le cas notamment d'un hémiscalénoèdre de la zone $e^{4/5}$ d^1 faisant avec la base un angle de 163°48′ à 164°39′.

La mohsite sur laquelle aucun essai chimique n'avait été fait jusqu'ici possède les propriétés pyrognostiques de la crichtonite.

4° *Dans les sables.*

L'abondance de l'ilménite dans les roches éruptives (notamment dans les roches volcaniques) et dans les roches métamorphiques, jointe à sa densité et sa résistance aux agents chimiques expliquent l'existence de ce minéral dans les sables des rivières, ruisseaux ou plages de toutes les régions non sédimentaires. Elle constitue avec la magnétite et la titanomagnétite une partie importante des sables noirs et denses des régions volcaniques de France, d'Algérie, de la Guadeloupe et de la Martinique, de Madagascar, etc. aussi bien que des massifs anciens des mêmes régions. L'ilménite peut être particulièrement étudiée dans toutes les alluvions aurifères dont il a été question tome II, page 427. Je crois toutefois que dans ces sables et alluvions, la titanomagnétite constitue le minéral titané le plus abondant.

Gisement indéterminé.

Tonkin. — M. Dupouy vient de me communiquer, sans indication de conditions de gisement, des échantillons d'ilménite provenant de Ta-ho-ti, sur le plateau de la rive droite du Fleuve Rouge, sur le parallèle de Laokay. Ils consistent en cristaux arrondis, aplatis suivant la base, parallèlement à laquelle ils se clivent facilement. Ils ont jusqu'à 2 centimètres de diamètre.

Je décris à la suite de l'ilménite la pseudobrookite dont la place dans la systématique n'est pas établie d'une façon définitive. Si la formule $Fe^4(TiO^4)^3$ est exacte, ce minéral doit être rangé dans le groupe des silicates et titanates avant les grenats.

M. Doss, à la suite de l'étude des cristaux produits dans un haut fourneau, a proposé au contraire la formule Fe^2TiO^5 qui rapprocherait la pseudobrookite de l'andalousite avec laquelle elle présente quelque analogie de forme.

PSEUDOBROOKITE

$Fe^4(TiO^4)^3$

Orthorhombique. $mm = 91° 5'$.

$b : h = 1000 : 804{,}276$ $D = 713{,}770$ $d = 700{,}380$.

$[a : b : c = 0{,}98123 : 1 : 1{,}12679$ (Traube)].

Formes observées. h^1 (100), g^1 (010), h^3 (210); a^3 (103), a^1 (101); $b^{3/2}$ (113); $e_{1/3} = (b^{1/3}\ b^1\ g^{1/3})$ (123); $[s = (b^{1/4}\ b^{1/2}\ g^{1/3})$ (133)?].

Les mesures suivantes ont été prises par M. Œbbecke sur les cristaux du Riveaugrand.

	Angles calculés.	observés.
mm	91°5′	
mh^1	135°32′30″	
mh^3	161°40′30″	
mg^1	134°27′30″	
$^*h^1\ h^3$	153°32′	153°36′30″.
$h^3\ h^3$ av.	127°44′	
$h^3\ a^3$	108°43′	

	Angles calculés.	observés.
$b^{3/2}\ b^{3/2}$ av.	141°20′	141°7′.
$^*h^1\ a^1$	138°57′	138°23′.
$h^1\ a^3$	110°57′	110′56 à 111°5′
$a^1\ a^3$	152°0′	
$a^3\ a^3$ s. p	138°6′	
$g^1\ e_{1/3}$	125°5′	124°55′
$g^1\ s$	136°28′	

1. Plusieurs auteurs (Dana), ont pris l'axe c de cette forme pour b et réciproquement, afin de rapprocher les formes de la pseudobrookite et de la brookite.

notre		devient			notre		devient		
p	(001)	g^1	(010)		a^1	(101)	e^1	(011)	
m	(110)	a^1	(101)		e^1	(011)	m	(110)	
h^1	(100)	h^1	(100)		$b^{3/2}$	(113)	$(b^{1/4}b^{1/2}g^1)$	(131)	
g^1	(010)	p	(001)		$e_{1/3}$	(123)	e_2	(132)	
h^3	(210)	$a^{1/2}$	(201)		s	(133)	$(b^{1/4}b^{1/2}g^{1/3})$	(133)	
a^3	(103)	g^2	(130)						

Formes et faciès. Les cristaux de pseudobrookite forment de petites tables rectangulaires, aplaties suivant h^1 (100), généralement très striées parallèlement à l'axe vertical.

Clivages. Clivage g^1 (010) facile.

Dureté. 6.

Densité. 4,39 à 4,90.

Coloration et éclat. Noire, brun rouge par transparence. Éclat adamantin, gras dans la cassure. Poussière brun rouge ou jaune d'or.

Propriétés optiques. Plan des axes parallèle à p (001). Bissectrice aigüe *positive* ($\mathbf{n_g}$) perpendiculaire à p (001).

$$2\,H_a = 84°\,30'\ \text{(Lattermann)}.$$

Dispersion nette avec $\rho < \nu$.

Pléochroïsme. Pléochroïsme faible avec maximum suivant n_m.

Composition chimique. La formule $Fe^4(TiO^4)^3 = 2\,Fe^2O^3,\ 3\,TiO^2$ correspond à la composition suivante :

TiO^2.....	42,9
Fe^2O^3....	57,1
	100,0

Le minéral ne se présentant jamais qu'en très petite quantité, la formule définitive n'a pu encore être établie ; il n'y a pas à songer à analyser le minéral du Mont-Dore qui est trop peu abondant.

Propriétés pyrognostiques. A peu près infusible. Comme l'ilménite. Complètement attaquée par l'acide sulfurique bouillant, imparfaitement par l'acide chlorhydrique.

Diagnostic. Les formes permettent de différencier assez facilement la pseudobrookite de la brookite ; si l'on place les cristaux de façon à rapprocher les formes des deux minéraux (voir note 1), les stries sur h^1 (100) de la pseudobrookite sont en sens inverse de celles de la brookite, dont les propriétés optiques sont très différentes ; de plus la brookite est inattaquable par l'acide sulfurique et ne contient pas sensiblement de fer.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La pseudobrookite se trouve dans les deux catégories de gisements suivantes :

1° *Dans les roches volcaniques et dans leurs enclaves.*

Plateau Central. — *Puy-de-Dôme.* La découverte de la

pseudobrookite au Mont-Dore est due à M. Gonnard (*in* von Lasaulx *Z. K.* VI. 209) qui l'a trouvée dans le ravin de Riveau-Grand, où elle se présente dans les cavités d'andésites et de trachytes englobés dans des blocs de trachyte à sanidine de la brèche trachytique. Ce minéral est très abondant dans les échantillons qui le renferment, mais ceux-ci sont assez rares, et dans les nombreuses excursions que j'ai faites dans le lit du ruisseau où l'on a le plus de chance de les rencontrer, il m'est souvent arrivé de n'en pouvoir recueillir un seul échantillon, alors que d'autres excursions ont été fructueuses. Les échantillons renfermant la pseudobrookite sont généralement rougeâtres; ce minéral imprègne la pâte microlitique de la roche.

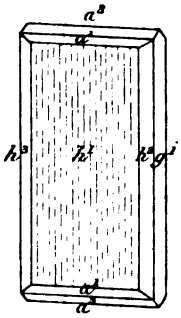


Fig. 1.
Pseudobrookite de Riveau-Grand.

Les cristaux sont noirs et ne dépassent jamais 1^{mm}; ceux qui sont très minces sont fortement translucides.

M. Œbbeke y a signalé (*B. S. M.* VIII. 57.1885) les formes h^1 (100), g^1 (010), h^3 (210), a^3 (103), a^1 (101), $b^{3/2}$ (113), et en outre de très petites faces qu'il faut sans doute rapporter à $e_{1/3}$(123) et peut-être à s (133)[1]. Les cristaux sont d'ordinaire aplatis suivant h^1(100) : la fig. 1 représente leur aspect le plus habituel.

La pseudobrookite est associée à de la hornblende, à de l'hypersthène (szaboïte), de la magnétite, de l'hématite, de la tridymite et de la sanidine. Ce genre de gisement est très analogue à celui de l'Arany Berg en Transylvanie.

J'ai trouvé récemment de très petites lames de pseudobrookite à Royat, où elle accompagne l'hématite dans les scories basaltiques et à la surface des enclaves de celle-ci (voir à *hématite*).

2° *Dans les roches granitiques.*

La pseudobrookite n'a été trouvée que rarement dans les roches granitiques. M. Orville Derby l'a rencontrée sous forme de tables brunes microscopiques dans les produits lourds résultant du lavage d'un kaolin des environs de Limoges (*Haute-Vienne*) (*Min. Magaz.* XI. 305. 1897), elle y accompagne l'anatase, le zircon et le xénotime.

1. C'est par une erreur de transcription que les formes m, e^1, $b^{1/7}$ ont été indiquées dans ce gisement par Des Cloizeaux (*op. cit.*, II, 229).

CUPRITE

Cu^2O.

Cubique[1].

Formes observées. p (100); a^1 (111); b^1 (110).

Macles. Macles suivant un axe quaternaire, les individus composant la macle sont interpénétrés et sont symétriques par rapport à une face cubique ; le groupement ainsi réalisé (fig. 6) est celui qui est fréquent dans le diamant.

Faciès des cristaux. Les cristaux présentent des formes assez constantes dans une localité déterminée ; tandis que le cube est la forme dominante de quelques gisements, il est extrêmement rare à l'état isolé dans d'autres (Chessy), qui offrent au contraire comme forme dominante a^1 (111), b^1 (110), ou leur combinaison.

Les cristaux de Chessy présentent souvent des faces plus ou moins creuses; parfois les octaèdres de ce gisement sont réduits à une carcasse cloisonnée, constituée par les arêtes octaédriques (fig. 7).

La cuprite peut se présenter aussi sous forme de longues aiguilles capillaires, cubes extrêmement allongés suivant un axe quaternaire (*chalcotrichite*).

On la trouve aussi en masses grenues, compactes, plus rarement sous forme terreuse.

Clivages. Clivage interrompu a^1 (111), parfois clivage suivant p (100) non observé dans les gisements français. Cassure inégale ou conchoïdale.

Dureté. 3,5 à 4.

Densité. 5,85 à 5,99.

Coloration et éclat. Rouge cochenille, souvent presque noir; rouge de diverses nuances et particulièrement carmin (*chalcotrichite*), les variétés terreuses sont rouges brique ou d'un rouge brun. Poussière traçante d'un rouge brun.

1. D'après M. Miers, certains cristaux de cuprite présentent l'hémiédrie holoaxe (plagiédrique) ; l'étude des figures de corrosion des cristaux de Chessy a fourni à M. Wallerant des formes constamment holoèdres (*B. S. M.* XXI, 236. 1898).

Éclat adamantin avec reflets métalliques ; les aiguilles de chalcotrichite sont en outre soyeuses. Parfois transparente en petits cristaux ; translucide ou opaque.

Propriétés optiques. Monoréfringente.

$$n = 2{,}849 \text{ (rouge) (Fizeau)}$$

Composition chimique. La formule Cu^2O correspond à la composition suivante :

Cu...	88,8
O....	11,2
	100,0

Essais pyrognostiques. Fusible au chalumeau en colorant la flamme en vert émeraude ; la flamme est bleue au contraire si le minéral a été au préalable plongé dans l'acide chlorhydrique. Au chalumeau, sur le charbon, noircit, puis donne un globule de cuivre métallique. Réactions colorées du cuivre.

Soluble dans l'acide chlorhydrique concentré ; la solution très concentrée, refroidie et additionnée d'eau froide donne un précipité de sous-chlorure de cuivre. Non attaquée par l'ammoniaque.

Altérations. Par réduction, la cuprite se transforme en cuivre natif, par oxydation en mélaconite.

La cuprite de Chessy présente d'une façon presque constante une altération superficielle en malachite, plus rarement en chessylite ou en ces deux minéraux à la fois ; cette altération s'effectue sous l'influence de circulations d'eau chargée d'acide carbonique ou de carbonates solubles.

On a signalé aussi des pseudomorphoses de cuprite en chrysocole, en limonite (Chessy).

Diagnostic. La forme cubique, l'éclat adamantin et la couleur joints à la monoréfringence sont caractéristiques de la cuprite : tous les minéraux offrant une couleur analogue (cinabre, argents rouges) sont biréfringents.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La cuprite va être étudiée dans les conditions suivantes :

1° Dans les gisements métallifères.

2° Comme produit d'oxydation naturelle d'objets en cuivre.

1° *Dans les gisements métallifères.*

Plateau Central. — *Tarn.* Le cuivre natif des mines d'Alban le Fraysse (t. II. 401) est accompagné de petites masses ou de cristaux translucides de cuprite; les cristaux sont peu distincts, a^1 (111) domine, associé à p (100), b^1 (110) et à un trapézoèdre que je n'ai pu mesurer avec précision.

Creuse. De petits cristaux de cuprite m'ont été signalés par M. Morineau dans les filons stannifères de Montebras en Soumans; ce minéral y constitue une grande rareté.

Haute-Vienne. La cuprite accompagne le cuivre natif sous forme de petites mouches dans les filons stannifères de Vaulry.

Loire. La chalcotrichite a été trouvée en petite quantité à la mine de la Pacaudière (voir à *cérusite*).

Rhône. Le gisement qui a fourni les plus beaux cristaux connus de cuprite est celui de Chessy (voir à *chessylite* pour les détails concernant ce gisement).

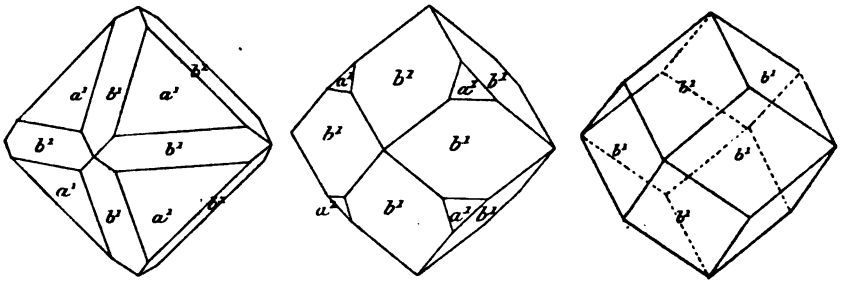


Fig. 1 à 3.
Cuprite de Chessy, formes communes.

La cuprite a constitué autrefois à Chessy un minerai exploité (*mine rouge*); elle se présentait sous forme d'imprégnation dans les cornes vertes, de mouches dans les grès triasiques. Dans ce même gisement, elle forme aussi des masses compactes à clivages octaédriques, des géodes tapissées de cristaux, mais ce sont surtout les cristaux isolés qui sont connus de tous les minéralogistes.

Lors de l'exploitation de la mine, ils étaient extrêmement abondants dans des argiles, dans la limonite, la chessylite et la malachite; enfin

on les trouvait plus rarement englobés dans les nodules de chessylite ou implantés dans leurs géodes. Leur plus grande dimension varie de quelques millimètres à 3 centimètres.

On a trouvé à Chessy, bien qu'assez rarement, des cristaux de cuprite d'un rouge cochenille, translucides ou même transparents.

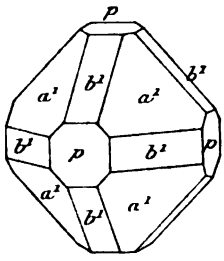


Fig. 4.
Cuprite de Chessy.

En effet, une particularité commune à presque tous les cristaux de cuprite de ce gisement réside dans leur transformation superficielle ou totale en malachite, plus rarement en chessylite. Il existe des pseudomorphoses dans lesquelles ces deux carbonates coexistent, mais sans se mélanger. Quand on brise ces pseudomorphoses, on trouve généralement un noyau central de cuprite inaltérée.

La surface des pseudomorphoses en malachite provenant des argiles est souvent terne, raboteuse, par suite d'une dissolution superficielle de ce carbonate; cela n'a pas lieu généralement pour les pseudomorphoses contenues dans des géodes, les cristaux ont alors une surface polie, comme glacée et brillante. Les faces des pseudomorphoses en chessylite sont d'ordinaire planes.

Plus rarement, la cuprite est remplacée par de la limonite.

Les formes se rapportent à deux types, l'octaèdre et le dodécaèdre, entre lesquels se trouvent toutes les formes de passage; les figures 1 et 2 en représentent les aspects les plus habituels.

Il existe aussi la combinaison a^1, b^1, p (fig. 4), mais je ne l'ai pas rencontrée dans les cristaux isolés. Tous les échantillons de cette combinaison que j'ai vus se trouvent dans des géodes de cuprite massive ou de chessylite.

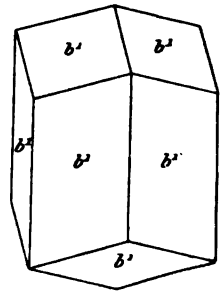


Fig. 5.
Cuprite de Chessy.

Les cristaux dodécaédriques sont quelquefois allongés suivant un axe ternaire (fig. 5), prenant ainsi un aspect rhomboédrique.

Le cube isolé et les combinaisons pa^1 (fig. 3, page 479 t. II) et $p\,b^1$ (fig. 4, page 780, t. II) ont toujours été des raretés à Chessy. Elles étaient recherchées par les collectionneurs, lors de l'exploitation des mines. On trouve parfois dans les collections datant de

cette époque des cristaux de chessylite qui ont été limés de façon à leur donner une forme à peu près cubique : ils étaient vendus alors sous le nom de cuprite cubique pseudomorphique.

J'ai observé à Chessy des macles (par interpénétration) suivant un axe quaternaire qui sont représentées par la fig. 6 ; d'ordinaire, il existe en outre une petite bordure b^1. Ces cristaux ont la forme d'un octaèdre dont les arêtes seraient remplacées par une gouttière ; il semble qu'il y ait souvent un cristal central sur chacune des faces duquel serait venu s'accoler un octaèdre très aplati suivant une face octaédrique.

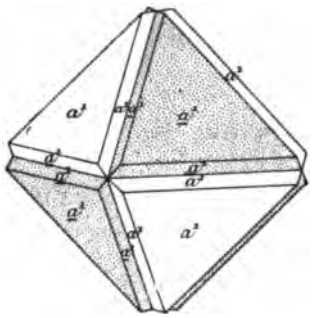


Fig. 6.
Cuprite de Chessy. Macle par pénétration.

Une particularité intéressante des cristaux de cuprite de Chessy est la structure cristallitique qu'ils présentent fréquemment, surtout quand ils sont petits, comme ceux que l'on trouve encore sur les haldes de la mine. Ce sont des octaèdres dont les arêtes se continuent en prolongements filiformes.

Il est très fréquent, en outre, de trouver des octaèdres à faces concaves, ou même des octaèdres tout à fait squelettiformes. Ils constituent alors une sorte de boîte octaédrique creuse, réduite à un cadre formé par les arêtes octaédriques d'où partent des cloisons irrégulières parallèles aux faces a^1 (fig. 7). Ces cristaux sont d'ordinaire entièrement transformés en malachite.

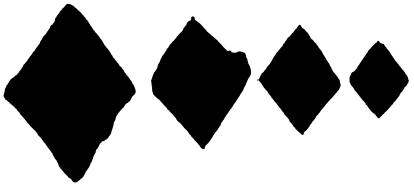


Fig. 7.
Octaèdres à faces creuses de cuprite de Chessy. (*Photographie, grandeur naturelle*).

Quand dans ces cristaux les faces b^1 (110) sont associées à celles de l'octaèdre, elles sont souvent aussi creusées en forme de rigole ; il ne faut pas confondre ces creux, parallèles à une arête $a^1\ b^1$ et produits par corrosion, avec les angles rentrants résultant des macles dont il vient d'être question.

Je n'ai trouvé que très exceptionnellement des cristaux dodécaèdriques à faces creuses.

Le filon de galène de Montchonay aux Ardillats a fourni de jolis échantillons de chalcotrichite (Gonnard. *B. S. M.* V. 194. 1882) ; ceux

que j'y ai moi-même recueillis tapissent de leurs aiguilles rouge cramoisi de petites cavités du quartz.

Algérie. — *Alger.* Les gîtes de panabase de Mouzaïa renferment de jolis cristaux rouges translucides, $a^1 b^1$, de cuprite, associés à des houppes de malachite : ils sont fréquemment implantés sur la barytine laminaire ou dans les cavités de limonite concrétionnée.

Constantine. A Aïn Barbar, la cuprite octaèdrique a été trouvée, dans les filons de chalcopyrite et de blende, recouvrant la limonite scoriacée.

Congo. — La mine de Mindouli renferme des masses rouges de cuprite parfois mélangées de cuivre natif, mais souvent très pures et présentant alors une cassure vitreuse très éclatante ; j'ai reçu ces minéraux depuis la publication du tome I où j'ai étudié (page 261) la dioptase de ce remarquable gisement.

Nouvelle-Calédonie. — Le cuivre natif de la mine Balade est surtout associé à de la cuprite qui se trouve aussi en petites masses indépendantes dans les micaschistes. Cette cuprite d'un beau rouge rubis présente parfois des cristaux nets ; ce sont des octaèdres atteignant 3 mm., de plus grande dimension ; les faces a^1 sont brillantes.

La cuprite compacte a été rencontrée dans la mine Pilou (voir à *chessylite*).

Elle remplit les fentes d'une porphyrite altérée à l'île Ducos près Nouméa : elle y constitue des enduits d'un beau rouge, accompagnés de malachite terreuse, de cuivre natif et de calcite.

Madagascar. — J'ai reçu de Madagascar de beaux échantillons de cuivre natif et de cuprite, enveloppés par de l'opale cuprifère et par de la chrysocole ou des zéolites ; ils proviennent d'un basalte altéré des environs du village de Tamohevitra (mammelons peu élevés, à 800 mètres environ à l'Est de la rive droite du Bekiady), au milieu duquel ces minéraux paraissent constituer un gite métallifère important.

Ce gisement est surtout remarquable par les magnifiques zéolites en gros cristaux : gmélinite, analcime, mésotype, heulandite, etc., qu'il renferme et que j'étudierai dans mon premier supplément.

2° *Comme produit d'oxydation aux dépens d'objets de cuivre.*

La cuprite a été observée très fréquemment sur des objets antiques en cuivre, enfermés dans la terre humide ou soumis à l'action de sources thermales.

Je rappellerai à cette occasion les cristaux de cuprite cubique trouvés dans les jambes d'un cheval de bronze découvert en 1777 à Lyon (*J. P.*XIV. 155 1779) et étudiés par Romé de l'Isle (*Cristall.* III. 332. 1783) ; ils étaient associés à de la malachite et à de la chessylite : des cristaux de ce genre sont fréquents à la surface des objets romains et gallo-romains trouvés aux environs de Lyon et de Mâcon.

J'en ai moi-même signalé (*B. S. M.* VI. 175. 1883) à la surface de monnaies romaines trouvées en Algérie ; ils y sont accompagnés de malachite, de cérusite, etc.

Daubrée a décrit des cristaux de cuprite (a^1) à la surface d'objets de bronze trouvés dans les substructions romaines des thermes de Bourbonne-les-Bains (*Haute-Marne*) et à la surface de monnaies romaines immergées dans l'étang de Flines-les-Roches (*Nord*). (Voir pour ces deux gisements, t. II, p. 515).

La cuprite se forme aussi aux dépens des objets de cuivre fortement chauffés dans les incendies. M. Stan. Meunier l'a signalée (*Méthode de synthèse en minéralogie* 74. 1871) dans des produits provenant de l'incendie du palais des Tuileries en 1871.

TÉNORITE

Cu O

Monoclinique ? $mm = 67°54'$.

$$b : h = 1000 : 499{,}227.\ D = 336{,}971.\ d = 546{,}860.$$

$$\left[\begin{array}{c} a : : b : c = 1{,}4902 : 1 : 1{,}3604 \text{ (Maskelyne).} \\ x\ y = 80°28'. \end{array}\right]$$

Macles. Macles suivant h^1 (100) (Cornwall), suivant e^1 (001) (Vésuve).

Formes observées. Le ténorite cristallise sous forme d'écailles mica-

cées, flexibles, aplaties suivant h^1 (100) ; dans les gisements cités plus bas, elle n'existe que sous la forme terreuse (*mélaconite*).

Clivages. Clivages faciles suivant p (001), moins faciles suivant $d^{1/2}$ (111) (Cornwall), suivant e^1 (011) [$e^1\ e^1 = 72°39'$], dans les cristaux du Vésuve. Cassure conchoïdale à inégale.

Dureté. 3 à 4 (cristaux) ; la mélaconite est peu cohérente.

Densité. 5,825 (cristaux), 5,95 à 6,25 (mélaconite impure).

Coloration et éclat. Les cristaux sont gris d'acier à gris de fer et ont un éclat métallique ; la mélaconite est noire, terreuse, sans éclat.

Translucide en écailles minces (ténorite).

Propriétés optiques. M. Kalkowsky admet que le minerai est triclinique à cause de ses propriétés optiques. Les lamelles, limitées par les faces e^1, sont palmées et présentent d'une façon constante la macle suivant e^1 : l'extinction par rapport à la trace de celle-ci paraît dissymétrique (29° à 33°) ; la section est oblique sur un axe optique.

Pléochroïsme. Très pléochroïque dans les teintes brun foncé et jaune brunâtre : l'intensité de l'absorption des lamelles est comparable à celle d'une lame de tourmaline parallèle à l'axe.

Composition chimique. La composition chimique suivante correspond à la formule Cu O.

Cu.....	79,8
O.....	20,2
	100,0

Essais pyrognostiques. Infusible au chalumeau.

L'ammoniaque se colore en bleu au contact de la mélaconite qui est soluble dans les acides.

Diagnostic. Les lamelles de ténorite ressemblent à celles d'hématite, mais sont d'un noir plus foncé : elles s'en distinguent par la couleur de leur poussière, leurs propriétés optiques et chimiques. La mélaconite ne peut guère être confondue qu'avec la chalcosite qu'elle accompagne souvent, elle s'en distingue facilement par son défaut de sectilité et par l'absence de soufre : elle se différencie de la psilomélane par ses réactions pyrognostiques.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La ténorite cristallisée se rencontre au Vésuve comme produit de fumerolles volcaniques et plus rarement dans des gisements métalli-

fères; la mélaconite est un produit d'altération de quelques minerais de cuivre.

Plateau Central. — *Rhône.* La mélaconite massive ou terreuse constituait à Chessy un amas qui était exploité sous le nom de *mine noire* et de *mine grise*; d'après les essais de Thibaud et de Berthier ce minerai était très impur, mélangé de pyrite, de chalcopyrite, d'oxyde de fer, de quartz, etc.; il provenait de la décomposition de la chalcopyrite, sa richesse moyenne en cuivre était de 6 à 15 % environ.

J'ai rencontré la mélaconite sous forme de poudre noire, cryptocristalline à la surface de la panabase (fournétite) altérée de la mine de Montchonay en les Ardillats.

Maures. — *Var.* La mélaconite terreuse, mélangée à la chalcosite est l'un des minerais les plus abondants des poudingues cuprifères permiens de la mine de la Garonne près Toulon.

Nouvelle-Calédonie. — La mélaconite sous forme pulvérulente accompagne la chalcosite dans les micaschistes de la mine de Balade (voir à *chalcosite*).

MASSICOT

Pb O

Dimorphe : orthorhombique et quadratique.

Faciès. Le massicot naturel est compact, écailleux ou terreux et de couleur jaune comme l'oxyde obtenu en chauffant du plomb dans un courant d'air; quand dans cette dernière opération la chaleur a été suffisante pour fondre l'oxyde, il cristallise en écailles d'un jaune rouge; il est alors désigné sous le nom de *litharge.*

Dureté. 2.

Densité. 9,20 à 9,36, souvent 8,9 à 8 par suite d'impuretés.

Coloration et éclat. Jaune plus ou moins vif; poussière de même couleur, souvent plus claire Terne, opaque.

Propriétés optiques. M. L. Michel a constaté que les cristaux quadratiques sont uniaxes et *négatifs* (n_p).

Composition chimique. La formule PbO correspond à la formule :

Pb.....	92,8
O.....	7,2
	100,0

Essais pyrognostiques. Facilement fusible en un verre jaune ; peut recristalliser sous forme de litharge. Sur le charbon, est facilement réduit en plomb métallique.

Soluble dans l'acide azotique et dans l'acide chlorhydrique étendus.

Diagnostic. Les réactions au chalumeau permettent de distinguer aisément le massicot des autres oxydes jaunes pulvérulents ; les minéraux plombifères qu'il accompagne sont également un indice mettant sur la voie de la détermination.

Il se distingue de la stibiconite jaune par sa solubilité dans l'acide azotique étendu qui, par évaporation, fournit une cristallisation d'octaèdres d'azotate de plomb.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Le massicot est un minéral rare ne se formant que dans un petit nombre de gisements naturels : il se produit par altération des minerais de plomb, et surtout de la cérusite et de la bleiniérite : il se forme aussi dans diverses opérations métallurgiques.

1° *Dans les filons métallifères.*

Cévennes. — *Gard.* Le massicot constitue des masses terreuses, jaunes, assez impures dans les gisements zincifères de Malines (voir à *smithsonite*), il paraît résulter de la décomposition de la cérusite à laquelle il est mélangé.

Plateau Central. — *Haute-Loire.* Depuis la publication du t. II, je dois à MM. Duplan et de Brun d'intéressants échantillons provenant du ravin de la Rodde près d'Ally. La gangue du minerai exploité (variété de boulangérite) est un quartz noir violacé. Aux affleurements, la boulangérite est profondément altérée, traversée par des veinules de bleiniérite noire, brune ou jaune citron à éclat gras et résineux ;

il existe aussi parfois un peu de cérusite. La décomposition de cette bleiniérite fournit du massicot ; elle devient d'abord terne, opaque, d'un jaune plus ou moins clair, tout en restant très cohérente, puis elle se fendille et prend alors la structure franchement terreuse.

En attaquant ces divers minéraux par l'acide chlorhydrique, on dissout à la fois de l'antimoine et du plomb dans la bleiniérite, puis des proportions de plomb croissantes dans les échantillons ternes, alors que le plomb subsiste à peu près seul dans les spécimens terreux.

J'ai eu connaissance de cette boulangérite depuis la publication du tome II dans lequel elle n'est par suite pas citée.

Rhône. J'ai rencontré des échantillons de massicot sur les haldes du filon de Montchonay en les Ardillats. Il remplit les cavités cariées du quartz, et y est associé à de la malachite, de la chessylite et de la cérusite. Ce minéral résulte de l'altération de la galène qui, dans ce gisement, est intimement mélangée avec de la panabase, ce qui l'avait autrefois fait prendre pour un cuivre gris plombifère (*fournétite*).

Vosges. — [*Lorraine*]. Le massicot a été signalé dans les mines de galène de la Croix-aux-Mines (Brochet. *Minéral.*, II 328.1802).

Alpes. — *Isère.* Ce minéral a été également indiqué sous forme d'enduits dans le filon aurifère de la Gardette où il se serait produit aux dépens de la galène.

2° *Dans les sources thermales.*

Des lamelles orangées d'oxyde de plomb ont été observées par Daubrée dans les fissures des tuyaux de plomb de l'époque romaine des sources thermales de Bourbonne-les-Bains et de Plombières ; elles y accompagnent la cérusite, l'anglésite, la phosgénite, étudiées plus loin.

3° *Dans les opérations métallurgiques.*

La litharge en masses écailleuses jaune rouge est produite dans les usines où se traitent des minerais de plomb. Elle se rencontre par suite dans les déblais de ces usines (Pontgibaud) d'où elle arrive parfois dans les collections avec la mention de produit naturel.

HYDROXYDES

MEYMACITE

WO^3, $n\,H^2O$

Amorphe.

Faciès. La meymacite constitue des épigénies de scheelite qui seront décrites plus loin, elle se trouve sous forme de masses résineuses ou terreuses.

Dureté.

Densité. 3,8 à 4,54.

Coloration et éclat. Jaune d'or, jaune brunâtre, brunâtre. Éclat vitreux, terne dans les variétés terreuses. Transparente en lames minces et alors jaune d'or.

Propriétés optiques. Monoréfringente ;

Composition chimique. Le minéral est généralement très impur, les analyses suivantes ont été faites par M. Carnot (*C. R.* LXXIX. 638. 1874) qui admet la formule $WO^3,2H^2O$, après déduction de la limonite et de la scheelite mélangées.

b et *c*) meymacite friable jaune, à poussière jaune de soufre.

d) meymacite pure, lamellaire, à poussière jaune.

	b)	*c)*	*d)*
WO^3	71,85	74,25	75,12
Ta^2O^5	1,00	1,05	0,70
CaO	2,50	4,65	7,00
Fe^2O^3	6,00	6,10	6,25
Mn^2O^3	0,75	0,65	0,32
H^2O	12,93	11,75	6,85
Gangue	4,50	1,85	2,55
	99,53	100,30	98,79
Densité	3,80		4,54

Bien que la matière analysée soit extrêmement impure, mélangée d'oxyde de fer et de scheelite non décomposée, il n'est pas douteux cependant que le minéral ne soit de l'acide tungstique hydraté et un corps existant bien réellement en tant qu'espèce distincte. On peut le considérer comme l'*opale* de la tungstite.

Propriétés pyrognostiques. Chauffée dans le tube, la meymacite devient jaune foncé, brun orangé, puis noircit et s'agglomère ; elle donne en même temps de l'eau.

Sur le charbon, elle noircit, puis se fritte. Avec le sel de phosphore, donne au feu oxydant une perle jaune à chaud, incolore à froid qui, au feu réducteur, devient violacée ou rouge (fer et tungstène).

Partiellement soluble dans l'ammoniaque, surtout à chaud. Avec l'acide azotique, devient d'un jaune franc et avec l'acide chlorhydrique d'un vert sale. L'addition de zinc dans la solution chlorhydrique donne la coloration bleu intense du tungstène.

Diagnostic. L'éclat résineux et l'eau donnée dans le tube distinguent la meymacite de la tungstite. Sa couleur et son éclat permettent aisément de la différencier de la scheelite qu'elle accompagne.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Plateau Central. — *Corrèze.* La meymacite n'a été rencontrée encore qu'à Meymac ; elle y était assez abondante dans les filons bismuthifères (voir t. II, p. 387) ; elle s'y forme exclusivement aux affleurements, par décomposition sur place de la scheelite. Celle-ci, d'un gris verdâtre ou brunâtre, se fissure ; dans ses fentes se forme la meymacite résineuse qui, peu à peu, prend sa place ; le résultat complet de la transformation est une masse cloisonnée très fragile, s'émiettant parfois sous la simple pression du doigt. Elle renferme généralement de petits fragments de scheelite encore en partie intacts.

Quand la scheelite est associée au wolfram, ce qui est fréquent, la meymacite est souvent imprégnée d'oxyde de fer ; les échantillons sont alors plus solides, le minéral est de couleur plus foncé, mais nécessairement très impur.

OPALE

SiO^2, $n\,H^2O$.

Amorphe.

Formes et faciès. L'opale se présente sous forme massive ; elle constitue parfois des masses globuleuses, réniformes, stalactiformes, tuberculeuses ou terreuses. Ces diverses manières d'être, jointes à des colorations et à des textures différentes, donnent naissance à un grand nombre de variétés ayant reçu des noms différents ; les principales d'entre elles sont les suivantes :

1° *Opale sans forme caractéristique, en masses compactes* (opale proprement dite).

a) *Opale précieuse* transparente ou très translucide.

L'*opale noble* est incolore, elle présente des jeux de couleur souvent d'une grande beauté qui la font employer dans la joaillerie.

L'*opale de feu* a une couleur d'un rouge hyacinthe ou d'un jaune ambré, avec reflets rouges. Le *girasol* est translucide, d'un blanc bleuâtre avec reflets rougeâtres.

b) *Opale commune*, translucide (*semi-opale*) ou opaque.

L'*opale laiteuse* translucide est d'un blanc de lait bleuâtre. Le *cacholong*, d'un blanc de porcelaine (opaque) parfois un peu bleuâtre, happe souvent à la langue ; la *neslite* en est une variété (page 335).

L'*opale résinite* (quartz résinite des anciens auteurs) a un éclat gras ou résineux, ses colorations sont des plus variées dans les teintes jaunes, vertes, rouges, noires. *L'opale de bois* est une opale commune, épigénisant du bois dont la structure anatomique est souvent conservée.

L'*opale jaspeuse* est colorée par des oxydes de fer ou de l'argile et possède la couleur jaune, rouge, verte ou brune du jaspe avec l'éclat vitreux de l'opale. La *forchérite* est colorée en jaune vif par de l'orpiment (page 323).

L'*opale nectique* en rognons poreux, qui flottent pendant quelque temps sur l'eau est une pseudomorphose de gypse saccharoïde (page 334).

2° *Opale à formes concrétionnées.* La *hyalite*, incolore et transparente comme du verre, forme des concrétions ou des enduits globulaires, réniformes, botroydes ou stalactiformes.

La *ménilite* est une opale commune se présentant en masses réniformes ou tuberculeuses, grises ou brunes; elle est colorée par une argile magnésienne.

La fiorite est une hyalite translucide ou opaque, grise ou blanchâtre, à éclat nacré (*perlsinter*), quelquefois poreuse et formée d'écailles successives. Elle résulte de l'altération des roches volcaniques sous l'action de fumerolles acides, alors que la *geyserite* (kieselsinter), en masses poreuses, spongieuses, filamenteuses, stalactiformes, à forme de choux-fleurs ou en masses pulvérulentes est une production geysérienne (souvent facilitée par des algues).

3° *Opale pulvérulente*. L'opale pulvérulente rappelant souvent par son aspect extérieur le kaolin peut avoir deux origines et deux structures différentes. Quand elle est d'origine chimique, elle est constituée par de petits globules concrétionnés, microscopiques (page 328) Lorsqu'elle est d'origine organique et constituée par des carapaces de diatomées (*randannite*), de radiolaires, ou des spicules de spongiaires, elle conserve tous les détails de structure de ceux-ci [1] (page 325).

Cohésion. Quelques variétés d'opale sont poreuses (*opale nectique*), happent à la langue (*cacholong*) et peuvent absorber une grande quantité d'eau en devenant transparentes ou translucides (*hydrophane*). Les opales sont souvent très fendillées. On vient de voir qu'il existe des variétés pulvérulentes d'opale.

Dureté. 5,5 à 6,5. Fragile.

1. Le terme de *tripoli* doit être abandonné comme terme scientifique, les produits siliceux auxquels il s'applique dans le commerce étant très différents. Il comprend notamment les diverses variétés d'opale pulvérulente, d'origine chimique ou organique.

De plus, le tripoli de Ménat (*Puy-de-Dôme*) est le produit de la calcination des schistes de la base de l'aquitanien. Ces schistes sont bruns ou noirs; ils se délitent à l'air en lits minces et renferment des nodules de marcasite et de nombreuses empreintes de feuilles et de poissons; ils contiennent environ 62 °/₀ de silice, 28 °/₀ de matière carburée, 9 °/₀ d'eau ammoniacale. On les calcine en vase clos pour fabriquer du noir de fumée, ou à l'air libre pour faire un tripoli un peu rougeâtre. D'après le frère Héribaud, cette roche ne renfermerait pas de diatomées.

Le tripoli de Poligné (*Ille-et-Vilaine*) provient de la combustion spontanée des ampélites siluriennes (gothlandiennes), à la fois pyriteuses et riches en matière carburée; c'est une roche tendre, onctueuse au toucher, blanche ou rougeâtre. J'ai pu constater dans des échantillons que m'a communiqués M. Kerforne, qu'à l'inverse du tripoli de Menat, celui-ci est essentiellement constitué par de très menus grains de quartz.

Densité. 1,9 à 2,3. La densité est très variable par suite de l'existence fréquente de pigments colorés ou de diverses impuretés.

La propriété que possède l'opale nectique de flotter pendant quelque temps sur l'eau, tient à la texture spéciale qui est étudiée page 334 (fig. 3).

Coloration et éclat. Incolore, blanche et d'un blanc laiteux, jaune, rouge, rose fleur de pêcher, verte ou bleue, de diverses nuances. Les variétés foncées doivent généralement leur coloration et leur opacité à des inclusions. Les opales précieuses présentent des jeux de couleur variés. Transparente, translucide ou opaque.

Éclat vitreux, souvent résineux, nacré dans quelques variétés.

Propriétés optiques. Monoréfringente, mais présentant souvent des phénomènes de polarisation accidentelle dus à de la trempe. Les globules montrent en lumière polarisée parallèle une croix noire de signe *négatif*, comme les substances, analogues à la gélatine, qui se contractent en se solidifiant et sont par suite comprimées perpendiculairement à leur surface.

Des Cloizeaux a donné les indices suivants pour le rouge :

N = 1,450 (opale de feu), 1,442 à 1,446 (opale noble).
1,4374 à 1,4555 (hyalite), 1,406 (hydrophane sèche) à 1,446 (après absorption d'eau).

Les jeux de lumière des opales précieuses ont été attribués par Brewster à l'existence d'inclusions microscopiques. Behrends pense au contraire (*Berich. Akad. Wiss. Wien*, LXIV. 1871) qu'elles sont dues à la présence de lamelles courbes (de tridymite ?) d'indice différent de celui de l'opale qui, primitivement formées sur des plans parallèles, ont été ensuite disjointes par la solidification de celle-ci.

Composition chimique. L'opale est de la silice renfermant une quantité variable d'eau (3 à 9% environ, mais pouvant descendre à 2 ou dépasser 15%). Cette composition ne peut être représentée par une formule unique et il est probable qu'il existe, parmi ces corps divers, divers hydrates de l'anhydride silicique (voir à *propriétés pyrognostiques*).

L'hyalite ne renferme guère que 3 % d'eau, l'opale pulvérulente de Vierzon 4,7%, l'opale de feu du Mexique 6 à 8% ; l'opale noble de Hongrie 10%, la geyserite de 9 à 13%.

Quant aux autres variétés, les variations de teneur en eau sont souvent dues à l'existence de produits étrangers, tels que pigments ferrugineux et argileux.

Analyses.

a) de la *randannite* de Ceyssat par Fournet (déduction faite de 0,80% de sable).

b) de la *randannite* d'Oran par Salvétat (déduction faite de 12% de quartz et d'argile).

SiO^2.....	87,20	90,91
$Al^2O^3 + Fe^2O^3$...	2,00	»
CaO + MgO.....	traces	»
H^2O.....	10,00	9,09
	99,20	100,00

Salvétat a montré (*A. C. P.* XXIV. 348. 1848) que la randannite d'Algérie perd 4,50% d'eau de + 16° C. à 100° C. et 4,59% au rouge.

Essais pyrognostiques. Infusible. Donne de l'eau dans le tube ; les variétés transparentes ou translucides deviennent opaques, les variétés colorées par du fer rougissent. Plus soluble dans l'acide fluorhydrique que le quartz.

Soluble dans les alcalis, mais d'une façon très inégale ; l'hyalite l'est notablement moins que l'opale noble.

Altérations. L'opale en se déshydratant donne naissance aux diverses formes cristallines de silice anhydre, à des lamelles de tridymite et plus souvent à du quartz cristallisé ou aux types cryptocristallins de son groupe (quartzine, calcédonite, lutécite, pseudocalcédonite).

Diagnostic. La structure colloïde, la faible densité, la solubilité dans les alcalis constituent les caractères distinctifs de l'opale des types siliceux anhydres et des minéraux hydratés du groupe des argiles (allophane), des serpentines qui sont en outre plus tendres.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

L'opale se rencontre dans les roches les plus diverses, elle y est toujours formée par action secondaire et l'étude de ses gisements doit consister moins dans celle de sa distribution dans les diverses catégories de formations géologiques que dans celle des conditions particulières qui ont déterminé sa production. Je la considérerai successivement :

1° Comme produit d'altération de roches silicatées;

2° Dans les formations filoniennes ;

hyalins ; les gisements de Taulhac, de Denise, de Tareyre sont à citer.

Maures. — *Var*. A la surface du basalte de la Courtine en Ollioules (hyalite).

Madascagar. — Des masses d'opale colorées en vert par du cuivre, et associées à du quartz constituent l'une des gangues du cuivre natif dans le basalte zéolitisé très altéré des bords du Békiady, près du lac Kinkony ; elles sont accompagnées par de la chrysocole de même couleur.

b) Trachytes et andésites.

Plateau Central. — *Puy-de-Dôme*. La hyalite se rencontre dans les fissures de nombreux trachytes de la chaîne des Puys et notamment dans la dômite du Puy de Dôme, du puy de Sarcouy, du puy Chopine, du Mont-Dore (l'Ecorchade, le Sancy, le Capucin, les Egravats, etc.)

La cinérite trachytique du ravin de la Craie au Sancy (Mont-Dore) altérée par des fumerolles et chargée d'alunite et de soufre est très riche en opale qui épigénise tous les silicates originels, sans que leur forme ait été modifiée. L'opale se trouve sous la même forme, dans les cinérites et les trachytes (dômites) de la chaîne des Puys (notamment au Puy de Dôme), traversés par des fumerolles et particulièrement par celles ayant donné naissance à l'hématite.

Des houppes blanches de fiorite ont été signalées à la surface de cristaux d'hématite de la grande crevasse du sommet du Puy de Dôme (E. Laval, *Mém. Ac. Clermont-Ferrand*, XVI. 635. 1874), elles sont accompagnées de tridymite.

J'ai recueilli récemment de curieux échantillons de hyalite dans des blocs de gneiss à cordiérite enclavés dans l'andésite du puy de Pallaret, sur le chemin descendant à Vassivière. Cette hyalite forme de petits globules hyalins dans les cavités de résorption de ces enclaves : ils supportent ou recouvrent des cristaux d'hypersthène et jouent le même rôle que les cristaux de tridymite qui se trouvent dans les mêmes conditions au Capucin.

2° *Formations filoniennes.*

a) *Dans les sources thermales.*

Plateau Central. — Quelques sources thermales d'Auvergne déposent encore aujourd'hui de l'opale et montrent ainsi le mécanisme

probable de la formation des filons ou filonnets d'*opale résinite* qui se rencontrent dans d'assez nombreux gisements du Plateau Central et particulièrement dans la Limagne.

Puy-de-Dôme. Les eaux chlorurées sodiques arsénicales du Mont-Dore et particulièrement celles du Puits de César (44° C.) laissent déposer dans les conduites souterraines et aux griffons un dépôt visqueux, léger, jaune d'ocre, qui est en grande partie constitué par de la silice colorée par de l'oxyde de fer. Berthier a depuis longtemps signalé (*A. P. C.* XIX. t25, 1821) dans les conduites amenant l'eau à l'établissement, l'existence de rognons tuberculeux dépassant souvent 1 cm. de diamètre. Ils sont de couleur brune, noire ou blanche, leur cassure est résineuse ; c'est une opale résinite à texture lâche, s'égrenant sous le couteau et rayant le verre ; ces rognons renferment 82 % de SiO^2, avec 4 % d'oxyde de fer et 5 % d'eau et de matières organiques ; il existe en outre 1 % de carbonate de chaux.

De l'opale résinite jaune, brune ou verte formait jadis, à l'émergence des sources, un dépôt de 6 à 7 mètres d'épaisseur renfermant des débris végétaux silicifiés, de la limonite et de la silice pulvérulente. Ce dépôt a été enlevé au moment de la construction de l'établissement thermal.

De l'opale concrétionnée a été trouvée lors d'un sondage de la source de la Compissade, entre le Mont-Dore et la Bourboule.

C'est au même genre de formation, mais plus ancien, qu'il y a lieu de rapporter les dépôts d'opale de Saint-Nectaire pour la description desquels je renvoie à la page 446 du tome II. Je rappellerai seulement ici que l'on trouve dans ce gisement deux catégories d'opale ; l'une d'un gris brunâtre englobe des roseaux (eux aussi opalisés) et de nombreuses diatomées, quelques grains de quartz et d'orpiment. L'autre remplit dans le granite des fentes généralement étroites, mais ayant souvent plusieurs mètres carrés (bord de la route, en sortant de Saint-Nectaire-le-bas pour aller à Saint-Nectaire-le-haut). Elle est tantôt blanche, translucide, et tantôt d'un jaune orange plus ou moins foncé et colorée par de l'orpiment ; cette variété est identique à la *forchérite* formée dans de semblables conditions à Knittenfeld en Styrie. Exposée à l'air, cette forchérite perd une partie de son eau et sa cassure devient terne, de résineuse qu'elle était à l'état frais. Ses cavités sont parfois remplies par de l'aragonite. Les dépôts actuels des sources de Saint-Nectaire sont calcaires.

Le gisement qui en Auvergne a fourni les plus beaux échantillons d'opale résinite est celui de la montagne de Gergovia ; ce minéral forme de petits filons au milieu des pépérites et des assises oligocènes, leur remplissage a des aspects assez différents ; dans les ravins au-dessous du domaine de Bonneval, se trouve une variété blanche; à l'Est et à la base de la montagne, l'opale est d'un vert d'eau, elle est noire au Sud, brune ou veinée au-dessus du village de Merdogne. Cette dernière variété est parfois translucide, ses cavités sont souvent tapissées d'opale incolore, transparente et mamelonnée (hyalite).

On trouve de l'opale résinite dans de semblables conditions au puy de Marman, au puy Giroux, à Vertaizon, etc.

Au voisinage de la Bourboule à Prégnoux, un filon d'opale résinite traverse la cinérite; enfin M. Gonnard a signalé (*op. cit.*,II) dans le ravin de Lusclade des variétés d'un rouge-sang et d'autres jaune de chrome : des variétés rouges se trouvent au pays de la Tache au-dessus du gisement d'hématite.

Vosges. — *Vosges.* De l'opale concrétionnée, parfois accompagnée d'un peu de quartz a été trouvée dans les sources thermales de Plombières, elle incruste souvent les briques à zéolites dont il a été question tome II ; cette opale se présente aussi parfois sous la forme de hyalite.

Madagascar. — Des dépôts d'opale (probablement en partie quartzifiée) se rencontrent dans la région volcanique d'Ambohidratrimo : ils englobent de nombreux végétaux et paraissent analogues à ceux de Saint-Nectaire. M. Baron a signalé une sorte de geysérite à Analaroamaso au N. d'Ambatobé (N. d'Antsihakana) et à l'Est d'Andranomafana (entre Tananarive et la côte).

b) *Dans les filons métallifères.*

L'opale se produit dans quelques filons métallifères par la décomposition des silicates sous l'influence des eaux vitrioliques. Telle est le cas de la silice gélatineuse qui jadis obstruait presque complètement une ancienne galerie d'écoulement de la mine de cuivre de Chessy (*Rhône*). Par dessication, cette silice donnait une masse à aspect résineux.

Des enduits d'opale offrant parfois des reflets opalescents ont été rencontrés dans les mines de galène et de blende de Chatelaudren (*Côtes-du-Nord*).

3° *Dans les assises sédimentaires.*

a) *Opale d'origine organique.*

α) Origine animale.

Je rappellerai pour mémoire que les spicules d'un grand nombre d'éponges, de radiolaires qui fourmillent dans certaines formations sédimentaires sont constituées par de l'opale. Cette constatation est d'une grande importance pour l'explication du mode de formation des rognons d'opale dont il est question plus loin. Ces débris d'origine organique sont particulièrement abondants dans la craie.

Ardennes. M. Cayeux a décrit sous le nom de *spongolite* (*Mém. Soc. géol. Lille*. IV. 89. 1897) une roche du cénomanien de Bracquenies [*Belgique*] presque entièrement formée de débris de spongiaires (opale), en partie transformés et cimentés par de la calcédonite.

Algérie. — *Oran*. J'ai donné plus haut l'analyse d'une randannite, en masses blanches légères, décrite par Salvetat comme venant des environs d'Alger. Il est probable qu'il y a eu méprise de localité et que l'échantillon provient d'Oran où il existe dans le miocène supérieur des dépôts siliceux, riches en spicules d'éponges, de radiolaires, de diatomées : Oran, Arbal, Mascara et le littoral à l'Est d'Oran (Dahra). C'est ce produit qu'Ehrenberg a décrit sous le nom de *craie d'Oran*.

β) Origine végétale[1].

Les carapaces siliceuses des diatomées à structure absolument intacte (fig. 1) forment, presque à elles seules, de vastes dépôts exploités dans plusieurs gisements du Plateau Central, soit pour la fabrication de la dynamite, soit comme tripoli.

Le Plateau Central est particulièrement riche en dépôts d'opale ayant cette origine ; leur flore est étudiée dans les « *Diatomées*

1. Le nom de tabashir a été donné à une variété d'opale hydrophane, sans structure organisée, qui se rencontre dans les entre-nœuds de bambous de l'Inde, de l'Indo-Chine et du Tonkin. Les échantillons de la collection du Muséum proviennent du *Tonkin* ; ce sont des fragments blancs opaques à cassure terne se désagrégeant dans l'eau et devenant alors translucides, pour redevenir opaques par dessication.

d'Auvergne » (Clermont 1893) du Frère Héribaud Joseph qui m'a fourni des renseignements et m'a autorisé à reproduire sa pl. VI (fig. 1). Ces dépôts s'effectuent encore à l'époque actuelle, alors que d'autres remontent à l'oligocène.

Le dépôt en voie d'accroissement de l'étang de Saint-Loup près du lac d'Aydat permet d'étudier le mécanisme de production de ces formations. Par un temps chaud et humide, les diatomées se multiplient avec une telle rapidité qu'il se produit souvent, à la surface de l'eau et des particules végétales flottant sur elle, une pellicule, blanche à l'état sec, produite par le feutrage des carapaces des diatomées (*papier météorique*) ; elle tombe au fond de l'eau, quand elle a acquis une certaine épaisseur ; trois ou quatre jours suffisent souvent à la formation d'une nouvelle pellicule. Des espèces pélagiques se produisent aussi, mais en moindre abondance, dans toute la masse du liquide. Les feuilles et autres débris de phanérogames peuvent être entraînés en même temps que les diatomées et laissent ainsi leurs empreintes dans le dépôt, quand les conditions nécessaires à leur fossilisation sont favorables (Saint-Saturnin). Beaucoup de ces dépôts de randannite Auxillac (Varenne, la Bourboule, Ceyssat, Charay, Pourchères, le Ranc) ont été remaniés postérieurement à leur formation.

Le premier gisement trouvé en Auvergne est celui de Ceyssat. Fournet décrivit le minéral qui en provient sous le nom de *silice gélatineuse* (*A. M.* III. 492 1833) en attribuant son origine à l'action de sources thermales. Dufrénoy fit voir (*Minér.* III. 157. 1856) son analogie avec les infusoires de Billin que venait de faire connaître Ehrenberg. Salvetat le décrivit sous le nom de *randanite* (*A.C.P.*, XXIV. 348. 1848) qu'il faut écrire *randannite*, le gisement d'où est tiré ce nom étant le lieu-dit Randanne et non le village de Randan ; c'est la *ceyssatite* de M. Gonnard (*op. cit.* 14).

La randannite pure est terreuse, blanche ou jaunâtre, friable, traçante comme la craie, souvent douce au toucher comme le kaolin ; elle se réduit en poudre impalpable sous la pression, donnant une poudre légère qui polit l'argent. Elle est exploitée soit comme tripoli, soit comme absorbant pour la fabrication de la dynamite ; elle est désignée dans le commerce sous le nom de *tellurine*.

Drôme. Un dépôt assez abondant de randannite est exploité dans le miocène de Marsanne (quartier de Costerbouze), le type moyen ressemble à celui d'Auxillac, mais il est jaune chamois.

Ardèche. Des dépôts remaniés de randannite se trouvent à Charay, Pourchères et au Ranc.

Haute-Loire. Des dépôts de diatomées (pliocène moyen) tantôt purs et légers, tantôt impurs et schisteux se rencontrent à Ceyssat, à la Roche-Lambert ; ces gisements ont fourni de nombreuses empreintes de phanérogames.

Cantal. Le dépôt pliocène d'eau douce de randannite d'Auxillac en Virargues, sur la route de Murat à Allanches et à 4 kilomètres de Murat, est l'un des plus vastes d'Europe. Il a plusieurs hectares de superficie et une épaisseur moyenne de 12 mètres. La masse est traversée par des bancs d'humus mélangés de galets et renferme quelques nodules de marcasite. D'après les échantillons que je dois à M. Bouhard, cette randannite est d'une couleur variant du blanc pur au blanc jaunâtre; les couches inférieures sont ordinairement verdâtres, la flore est très variable suivant les niveaux considérés (fig. 1). Des dépôts similaires se rencontrent à Neussargues et à Journac.

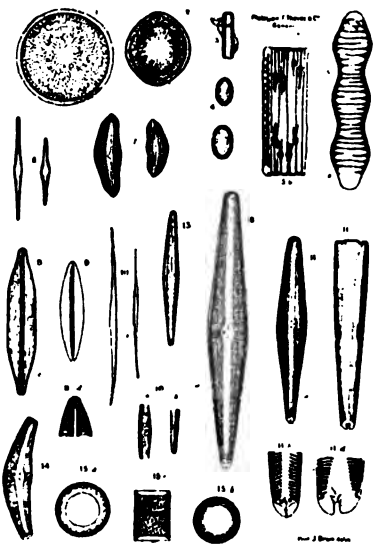


Fig. 1.
Quelques diatomées de la randannite d'Auxillac. — 1-4 Cyclotella. — 5. Tetracyclus. — 6. Synedra. — 8-14. Cymbella. — 8-9. Navicula. — 10. Nitzschia. — 11-13. Gomphonema. — 15. Melosira (*grossissement de 600 diamètres et de 1200 à 1800 pour les détails*).

Puy-de-Dôme. C'est dans ce département que se trouvent les plus nombreux gisements, tous sont d'eau douce à l'exception de celui du Puy de Mur.

Dépôts oligocènes. — Puy de Mur, ce gisement découvert par M. P. Gautier renferme un mélange d'espèces marines, saumâtres et d'eau douce dont quelques-unes sont spéciales à ce gisement, des grains de pollen de conifères, etc. et de nombreux débris minéraux.

Dépôts pliocènes. —Varennes, près le lac Chambon, randannite schisteuse riche en diatomées et en phanérogames; La Bourboule, gisement recouvert aujourd'hui par des constructions.

Dépôts quaternaires. — Les dépôts importants au point de vue minéralogique sont ceux de l'époque quaternaire, : Ceyssat en Allagnat, Randanne au pied du puy de Montchat (sous le sol d'une

vaste prairie), les Rouilhas et la Cassière près le lac d'Aydat, Vassivière entre le village et le lac Chauvet, le creux Mortier entre Saint-Saturnin et Ponteix (empreintes de phanérogames avec tiges transformées en vivianite). A Saint-Saturnin, le dépôt siliceux est coloré uniformément en grisâtre par des produits organiques, mais dans les autres gisements la randannite forme des masses farineuses d'un beau blanc parfois teinté de jaune par un mélange d'argile, de produits organiques ou ferrugineux.

La randannite a été exploitée à Ceyssat et à Rouilhas pour la fabrication de la dynamite.

Dépôts actuels. — Les dépôts de randannite se forment actuellement encore sous les dépressions du sol volcanique qui s'étend entre le village de Ponteix, le lac d'Aydat et la Cassière[1].

b) *Opale d'origine chimique.*

L'opale d'origine chimique se rencontre dans les formations sédimentaires soit comme élément essentiel, soit comme minéral accessoire, constituant le ciment de grès ou des rognons concrétionnés au milieu des marnes ou des calcaires.

α) Comme élément essentiel.

Ardennes. — L'opale forme l'élément caractéristique des *gaizes*, roches jouant un rôle important dans la constitution géologique (albien et cénomanien) de l'Argonne (*Ardennes*).

Les gaizes sont des roches d'un gris jaunâtre sale, quand elles sont sèches ; verdâtres à l'état humide. Elles sont légères (densité 1,5 environ), absorbent facilement l'eau, enfin elles sont âpres au toucher. Elles renferment des taches blanches, sans contours nettement définis consistant en silex calcédonieux. M. Cayeux qui a étudié en détail ces roches (*Mém. Soc. géol.* Nord. IV. 14. 1897) propose de désigner sous le nom de *gaizes* toutes les roches sédimentaires siliceuses dans lesquelles la silice a une origine à la fois chimique et détritique.

1. On cite souvent Nice comme gisement de terres à diatomées. Je n'ai pu trouver la situation exacte de ce soi-disant gisement. Il résulte en outre des renseignements que m'ont fournis MM. Tempère et Peragallo, les diatomistes bien connus, que d'après sa flore la randannite blanche, désignée sous cette indication, vient probablement de Sicile ; elle aurait été importée il y a quelques années à Nice pour des essais de céramique.

La proportion de silice totale contenue par les gaizes varie en effet de 70 à 95 °/₀. La silice soluble dans les alcalis peut y atteindre 75°/₀, le quartz détritique allant de quelques °/₀ à plus de 50 °/₀. Souvent glauconieuses, les gaizes peuvent contenir un peu d'argile ou de calcaire; elles sont extrêmement riches en spicules (opale) d'éponges, en radiolaires ou en diatomées.

L'opale qui enveloppe les éléments clastiques et organiques est le plus souvent gélatinoïde, sans forme, mais elle se concrétionne aussi, formant des globules ou des sphérolites, présentant des phénomènes de biréfringence par trempe. C'est aux dépens de cette opale que se forme la calcédoine des silex. M. Cayeux admet que l'origine de ce ciment d'opale est dû 1° à une dissolution des débris organiques siliceux pendant et après la sédimentation; 2° à des apports *per descensum* effectués aux dépens des assises suprajacentes; enfin il suppose que la décomposition de l'argile a pu fournir aussi une certaine quantité de silice.

Enfin, il existe dans les *Ardennes* (canton de Signy-l'Abbaye), au milieu de l'oxfordien, des roches se rapprochant des gaizes crétacées.

Berri. — *Cher* et *Indre*. La crétacé des environs de Vierzon (notamment à St. Genou, à Mennetou-sur-Cher) est recouvert par une formation, rappelant comme aspect l'argile à silex : riche comme elle en rognons de silex, en fossiles de divers niveaux du supra-crétacé, mais possédant une composition très différente; elle est en effet essentiellement constituée par une variété pulvérulente d'opale. Elle est exploitée pour la céramique et pour la fabrication de la dynamite.

Dans l'Indre, il existe des gisements analogues (la Brenne), rapportés par M. de Grossouvre à l'oligocène.

L'opale de la Brenne est blanche, pulvérulente, douce au toucher; elle ressemble à de la farine. Au microscope, elle se montre constituée, dans les échantillons que j'ai examinés, par de petits grains, parfois régulièrement sphériques, offrant une structure concrétionnée. Ces grains ont de 8 à 12 μ de diamètre et sont eux-mêmes constitués par des granulations ayant en moyenne 0μ,8. La teneur en eau de cette opale (après dessication sur l'acide sulfurique) est de 4,7 °/₀ environ.

M. de Grossouvre a proposé récemment (*B. S. G.* I. 431. 1901) de distinguer nettement cette opale pulvérulente des véritables argiles à silex qui dérivent de la décalcification des assises crétacées et de la désigner sous le nom de *vierzonite*. Je ferai remarquer que ce nom

a été déjà employé par Bristow (*A Glossary of mineralogy*. 398. 1861), pour désigner une ocre exploitée dans le voisinage de Vierzon. C'est dans ce sens que j'ai cité ce nom p. 487 du tome I (voir à *limonite*).

En résumé, cette roche paraît être une gaize particulièrement pure qui serait presque exclusivement constituée par de l'opale pulvérulente. Peut-être doit-elle cette composition et cette structure spéciales à des altérations superficielles. Dans d'assez nombreux gisements du Cher (Vailly-sur-Audre, Allogny, Willegenou), de la *Nièvre* (Pierrefite, etc.), ces roches recouvrent de véritables gaizes cénomaniennes très analogues comme structure à celles des Ardennes.

Bourgogne. — *Yonne.* Des recherches sont faites actuellement (Peron. *Bull. Soc. Sc. Yonne.* LIV. 75. 1900) dans la Puisaye, notamment aux environs de Toucy sur des couches siliceuses analogues à celle de Vierzon. Elles se trouvent à la base du cénomanien et sont constituées par une matière blanche, farineuse renfermant environ 96 % de silice, dont près de la moitié est constituée par de l'opale : dans les échantillons que m'a communiqués M. Peron, j'ai constaté que malgré son apparente pureté, ce produit est riche en grains de glauconie et en débris de roches anciennes (tourmaline), qui accompagnent les grains de quartz et les globules d'opale.

β) Comme ciment des grès.

L'opale forme le ciment d'un grand nombre de grès ; l'attention n'est souvent attirée sur elle qu'aux affleurements dans lesquels elle est dissoute : elle met alors en liberté les fibres quartzeuses néogènes qu'elle renfermait, en même temps que les grains de quartz clastique qu'elle agglomérait (grès de l'argile à silex de la Grisière près Mâcon (*Saône-et-Loire*), par exemple). Dans d'autres cas, l'opale se concentre en nids ou amas comme dans le gisement suivant.

Plateau Central. — *Allier.* Les grès carbonifères traversés par la route de Noyant à Cosne, entre Bussière et Tortezais ont pour ciment une opale qui forme aussi des amas distincts. Elle est blanche ou d'un blanc plus ou moins jaunâtre à éclat résineux ; parfois elle est terreuse et ressemble à de l'opale nectique. Elle happe à la langue, se brise dans l'eau et d'après Guillemin (*A. M.* XIII. 321.1826) renferme normalement de 11 à 12 % d'eau et en absorbe 14 % par immersion. Sa densité est de 1,67 à sec et de 2,215 quand elle est imprégnée d'eau.

γ) Comme produit de concrétion dans les calcaires et les marnes.

L'opale est fréquente dans les formations calcaires et marneuses ; on a vu page 148 comment la concentration de cette opale, primitivement déposée sous forme de dépouilles organiques, donne naissance à des nodules qui, par cristallisation postérieure, fournissent les silex. Je n'ai donc plus ici à m'occuper que des cas dans lesquels cette quartzification secondaire ne s'est pas produite ; c'est ce qui arrive particulièrement dans les assises tertiaires et surtout dans les calcaires lagunaires ou lacustres de l'éocène et de l'oligocène.

Ces rognons siliceux amorphes se présentent sous deux aspects. Les uns ont des formes concrétionnées curieuses, leur cassure est unie, terne ou très luisante, ils sont assez impurs : c'est la *ménilite*. Les autres, souvent de plus grande taille, de forme moins régulière, constituent des variétés d'*opale résinite* qui sont extrêmement variées de couleur, et présentent parfois une structure zonaire, etc.

De même que les silex, les rognons de ménilite ou d'opale résinite peuvent renfermer des fossiles ; ils épigénisent parfois des cristaux isolés ou des agrégats de cristaux de gypse, comme cela a lieu dans les environs de Paris.

Je citerai quelques gisements caractéristiques de ces diverses formes d'opale.

Dans les assises secondaires.

Normandie. — *Orne.* La craie marneuse de la Mariette, en Saint-Jean-la-Forêt, par Courthiou à 6 km. de Bellême sur la route d'Alençon, renferme de petits nodules et des plaquettes, zonées de blanc de neige et de brun café, d'une opale légère et poreuse, très fragile. Elle est au plus haut point hydrophane (Desnoyers. *B. S. G.* 3. 424. 1832) ; une fois plongée dans l'eau ou la cire fondue, elle devient incolore et transparente. D'après un essai de Berthier, cette opale, dont je n'ai pu me procurer d'échantillon, renferme 5 % d'eau.

Dans les assises tertiaires.

Eocène.

Bassin de Paris. — *Seine. Seine-et-Oise.* L'opale se présente sous des formes variées dans les assises éocènes de cette région ; je l'ai

étudiée dans un mémoire antérieur (*Nouvelles Archives du Muséum*, IX. 201. 1897.)

La ménilite est une opale assez impure, constituant des concrétions à formes souvent bizarres et plus ou moins aplaties (fig. 2). Leur cassure a un éclat gras; leur couleur varie du brun (avec coloration violacée à la surface des rognons) au blanc. On les trouve à deux niveaux distincts, dans le bartonien (calcaire de Saint-Ouen), (Paris ; plaine Monceau, etc., ménilite brune) et dans le ludien (marnes feuilletées magnésiennes, situées entre la première et la deuxième masse du gypse). [Paris : Ménilmontant, Montmartre (ménilite brune). Argenteuil, Villejuif (variété blanche)].

Fig. 2.
Rognon de ménilite de Villejuif-près-Paris
(*Photographie grandeur naturelle.*)

Les rognons de ménilite des calcaires de Saint-Ouen englobent souvent des fossiles (lymnées, etc.) et des pseudomorphoses de gypse. L'examen microscopique du minéral m'a montré qu'il est constitué essentiellement par de l'opale colloïde, renfermant des traînées d'argile ou de magnésite, qui expliquent la teneur en magnésie que décèlent les analyses suivantes dues à M. Damour (*B. S. M.* VII. 239. 1884).

Ménilite *a*) de Ménilmontant ; *b*) des Buttes Chaumont; *c*) de Villejuif ; *d*) d'Argenteuil ; *e*) du calcaire de Saint-Ouen ; *f*) de la plaine Monceau ; *g*) d'un échantillon trouvé dans les alluvions de la plaine d'Ablon.

SiO^2.....	76,00	59,19	78,25	74,50	75,47	67,09	83,08
Al^2O^3.....	1,10	1,40	0,60	1,55	0,15	»	»
Fe^2O^3.....	2,50	6,60	0,90	0,45	0,70	0,80	1,00
MgO.....	6,79	8,17	8,28	10,30	8,83	9,00	6,73
CaO.....	1,40	4,10	0,76	1,22	2,89	8,20	»
CO^2.....	11,70	3,22	3,22	0,59	2,30	»	»
H^2O.....		16,40	10,44	9,60	9,50	14,50	9,20
Perte.....	1,5	»	»	»	»	»	»
	99,49	99,53	99,82	98,56	99,84	99,59	100,00
Densité....	2,17	2,25	2,18	2,16	2,16	2,22	2,16 à 2,19

Dans le parc de Saint-Cloud, l'opale ne se rencontre pas seulement sous forme de rognons de ménilite, mais elle imprègne aussi des marnes riches en petits cristaux de gypse pseudomorphisés en lutécite. Ces marnes sont alors jaunes et possèdent la cassure esquilleuse de l'opale résinite.

A Ménilmontant, les rognons de ménilite se trouvent dans une argile papyracée à l'état sec, gluante à l'état humide ; une fois dégagés de leur gangue, ils présentent sur leur tranche des traces de la schistosité de celle-ci (fig. 3).

Les nodules de Villejuif sont parfois poreux à leur périphérie ; l'examen microscopique montre, que dans ce cas, ils sont originellement constitués par une interpénétration d'opale et de calcite ; celle-ci est dissoute aux affleurements plus rapidement que l'opale et laisse une sorte d'éponge siliceuse.

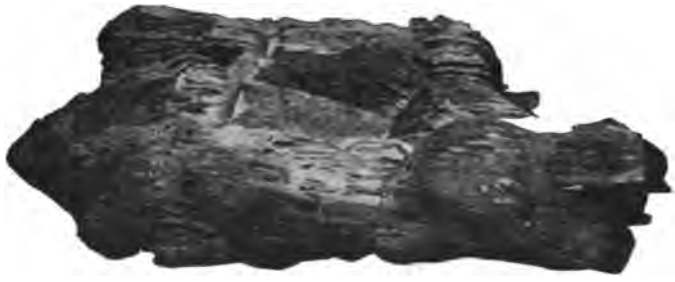


Fig. 3.
Rognon de ménilite de Ménilmontant (Paris), engagé dans la magnésite et offrant des traces de la schistosité de celle-ci. (*Photographie, grandeur naturelle.*)

La ménilite a été signalée pour la première fois en 1787 à Ménilmontant, par Delabre et Quinquet qui la décrivirent sous le nom de *pechstein de Mesnil-Montant* (J. P. XXXI. 219). C'est en 1797 que Delamétherie (*Théorie de la terre.* II 169) l'a désignée sous son nom actuel.

Les calcaires ludiens (équivalent lacustre du gypse parisien) renferment à Bry-sur-Marne, près Champigny (*Seine*) une autre variété d'opale étudiée par M. Jannettaz (*B. S. G.* XVIII. 673. 1861). Elle se trouve en poches ou en lits opaques, au milieu de silex. Elle se coupe au couteau tant qu'elle est dans la carrière ou dans l'eau ; par dessiccation, elle devient dure et cohérente, parfois pulvérulente à l'extérieur des échantillons. Maintenue dans l'atmosphère des laboratoires,

elle garde environ 5 °/₀ d'eau, mais peut être presque entièrement déshydratée sur l'acide sulfurique.

Les zones opaques que cette opale constitue dans les silex blonds, translucides, rappellent le *cacholong* des Féroë. Les échantillons que j'ai examinés sont tout à fait dépourvus de produits cristallisés. Ils sont faiblement hydrophanes.

Dans la région parisienne, l'opale forme plusieurs catégories de pseudomorphoses. Dans les rognons de ménilite de la plaine Monceau, j'ai rencontré des pseudomorphoses de gypse réduites à une cavité dans laquelle se trouvent de grandes lames translucides ou

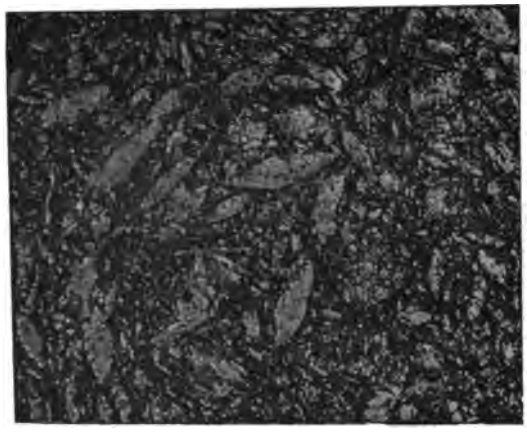


Fig. 4.
Lame mince taillée dans un rognon d'*opale nectique* de Saint-Ouen et montrant la forme des lentilles de gypse épigénisé. (*Photographie, lumière naturelle : grossissement de 125 diamètres.*)

transparentes, constituées par de l'opale : les globules de celle-ci sont accolés et mélangés à de la calcédonite et à de la lutécite.

C'est encore à une pseudomorphose, non plus de cristaux, mais de lits de gypse qu'il faut rapporter l'*opale nectique* (*quartz, silex nectique* d'Haüy.) Elle se rencontre dans les calcaires bartoniens de St.-Ouen aux environs de Paris (St.-Ouen, etc.). Elle forme des rognons légers, flottant pendant quelque temps à la surface de l'eau. L'examen microscopique fait voir que ceux-ci sont constitués par l'accolement de petites lentilles de gypse, transformées en opale et laissant entre elles des vides (véritables flotteurs) correspondant à la calcite qui,

dans le gypse intact, moule les cristaux de gypse. Cette opale renferme 4,5 % d'eau. Au bout de quelque temps de séjour dans l'eau, l'air de ces vides est expulsé et l'échantillon cesse de flotter. La figure 4 empruntée à mon mémoire sur le gypse parisien (*Nouvelles Archives du Muséum*) représente une lame mince de l'opale nectique.

Sarthe. Des rognons de ménilite brune se rencontrent dans les marnes bartoniennes de Pruillé-le-Chétif, à 15 km.O. environ du Mans.

Oligocène.

Les calcaires saumâtres et lacustres de l'oligocène sont très riches en opale résinite et plus rarement en ménilite. L'opale résinite surtout s'y présente avec une grande variété de couleur et d'aspect qui depuis longtemps a frappé les collectionneurs de minéraux. Je dois, faute de place, me contenter de citer quelques localités caractéristiques.

Bassin de Paris. — Les calcaires de Brie (sannoisien) renferment fréquemment des rognons d'opale. On a vu plus haut que les meulières de cet âge proviennent de la décalcification de ces mêmes calcaires.

Champagne. — *Marne.* A Nesle-la-Reposte, les marnes vertes intercalées dans le calcaire de Brie, contiennent des variétés d'opale que Leymerie a désignées sous le nom de *neslite* (*Stat. min. de l'Aube*, 1846. 116). Les unes forment des rognons blancs, grisâtres, vert clair ou nankin, à cassure lisse et conchoide et à éclat un peu luisant, avec faible translucidité sur les bords; les autres sont blanches, légères et happent à la langue ou sont même pulvérulentes. Ces diverses variétés se rencontrent dans le même échantillon, qui a ainsi du centre à la périphérie, l'aspect de la ménilite et du cacholong. J'ai examiné des échantillons originels de la collection de Leymerie (Faculté des Sciences de Toulouse), que m'a communiqués M. Caralp et d'autres offerts jadis au Muséum par Leymerie. Ils répondent bien à la description donnée par ce savant; ils sont faiblement hydrophanes.

Les calcaires lacustres aquitaniens (calcaire de Beauce) sont en général siliceux et dans beaucoup de localités des environs de Paris, donnent des meulières par leur décalcification; dans d'autres, ils renferment des rognons d'opale résinite, parfois semi-translucides, quelquefois zonés et offrant des couleurs très variées. Voici quelques autres localités françaises à citer à cet égard.

Loiret. La Chapelle St. Mesmin et Chaingy, près Orléans (opale résinite blanche, grise, verte, brune et hydrophane, etc.).

Loir-et-Cher. Chambord, etc.

Indre-et-Loire. La Chaume, etc.

Vienne. Chatellerault,etc.

Berry. — *Cher.* Les calcaires de Quincy, près Mehun sur Yèvre (*sannoisien*) sont, on l'a vu tome I, pl. 459, colorés en rose par une variété de magnésite qui a été appelée *quincyte* ; celle-ci est accompagnée de rognons d'une opale d'un rose carmin vif, d'une magnifique couleur, malheureusement distribuée d'une façon irrégulière ; c'est une véritable pierre précieuse.

Je citerai ici, bien que leur âge ne soit pas certainement oligocène, les gisements de limonite pisolitique du Berri. Les argiles qui leur servent de gangue sont souvent riches en opale. J'ai observé notamment des échantillons donnés comme silex nectique et provenant de Dun-le-Roi. Ils sont blancs, légers, happent à la langue. Au microscope, on voit qu'ils sont constitués par de l'opale renfermant de très nombreux petits grains de calcite.

Cévennes. — *Gard.* La magnésite de Salinelles renferme des rognons de ménilite.

Plateau Central. — *Haute-Loire.* Le petit bassin oligocène de l'Emblavès près le Puy renferme, surtout à sa partie moyenne, des concrétions d'opale affectant les formes bizarres et l'aspect de la ménilite ; elles sont surtout abondantes à Glavenas entre Mazères et Yssingeaux (*dragées de Glavenas*). Les nombreux échantillons que je dois à l'obligeance de M. Vernière sont blancs et leur aspect rappelle celui de la ménilite de Villejuif ; ces nodules sont distribués au milieu d'argiles blanches en trainées parallèles aux couches. Dans d'autres gisements (Saint-Pierre-Eynac (avec empreintes végétales), Recours), l'opale prend la forme résinite de diverses couleurs, alors qu'ailleurs (Alibert, Jabruzac), elle n'est pas aussi individualisée et reste distribuée inégalement dans des calcaires siliceux rubanés qui forment des lits minces au milieu d'argile. M. Termier a attribué la formation de ces opales résinites (*B. C. F.* II. 24 1890), à l'action des phonolites voisines, alors que M. Boule y voit une formation normale à comparer à celle des autres gisements cités plus haut.

L'opale résinite de Saint-Pierre Eynac mérite une mention spéciale :

j'y ai observé, au milieu d'une masse d'un gris jaunâtre opaque, des veinules d'un brun ambré, transparentes ou fortement translucides. rappelant les variétés les plus pures de Gergovia.

Cantal. L'oligocène du Cantal, et particulièrement celui du bassin d'Aurillac, renferme au milieu de bancs de calcaire marneux (tongrien à *Potamides Lamarcki*) des rognons de silex, de ménilite et d'une opale résinite qui présente une grande variété d'aspect ; à Thiézac, on rencontre des types noirs offrant une certaine analogie de caractères extérieurs avec des obsidiennes. A citer aussi le Puy Courny.

Puy-de-Dôme. Les concrétions de ménilite sont abondantes dans les calcaires à *hélix* de la Limagne. On peut citer : Gergovia, Gandaillat et les Côtes près de Clermont, le Puy-de-Mur près Mezel, Beauregard-l'Évêque, Pont-du-Château, Romagnat, le puy Saint-Romain, la butte de Montpensier près Aigueperse, etc. Au puy Pilaire près Vertaizon, des blocs d'opale brune, translucide, renferment des *helix Ramondi*, et parfois des *hydrobia Dubuissoni* transformés en opale. Les cavités de ces rognons sont tapissées d'enduits mamelonnés d'hyalite transparente, incolore et souvent opalescente.

Miocène.

Algérie. — *Oran.* M. Gentil m'a signalé des rognons de ménilite dans le miocène supérieur du Sahel d'Oran (dans argiles et dans couches à randannite, etc.).

δ) Comme épigénies de bois fossiles.

On a vu, page 154, que les troncs d'arbres silicifiés sont généralement constitués par du quartz ou par ses variétés cryptocristallines.

Il est probable que dans la plupart des cas, sinon dans tous, la silice a tout d'abord incrusté ces végétaux à l'état d'opale. Dans quelques gisements, la transformation de cette opale en quartz ne s'est pas effectuée ou n'est pas achevée ; tel est le cas des bois fossiles de la brèche andésitique du pliocène du *Cantal* (la Bastide en haut de la vallée de Fontanges, vallée du Falgoux, le Pas de la Magudo près de Vic-sur-Cère, environs de Murat, etc.), du crétacé du *Gard*, des formations récentes[1] de la *Martinique* et de la *Guadeloupe*, etc.

1. Ils sont associés à de belles opales jaspoïdes d'un rouge sanguin.

MALACON

$(Si,Zr)O^2$, n H^2O

Amorphe.

Parmi les produits de décomposition du zircon dont il a été question plus haut, il en est un, le malacon qui se rencontre dans quelques gisements français. C'est un minéral colloïde renfermant parfois des fragments intacts de zircon. Le malacon peut être considéré comme une sorte d'opale du zircon, mais toujours formée par décomposition de celui-ci.

Faciès. Le malacon possède la forme du zircon (fig. 1).

Dureté. 6,5.

Densité. 3,90 à 4,05, 4,047 (La Vilate).

Coloration et éclat. Gris, brun cannelle. Éclat vitreux, résineux ou terreux, poussière incolore ou rougeâtre. En lames minces, le malacon est translucide et présente une structure zonaire.

Composition chimique. Les analyses suivantes ont été faites par M. Damour sur le malacon de la Vilate (*A. C. P.* XXIV. 87. 1848).

SiO^2.....	31,23	30,87
ZrO^2.....	61,70	61,17
Fe^2O^3....	2,91	3,67
CaO.....	»	0,08
MnO	»	0,14
H^2O.....	3,29	3,09
	99,13	99,02

Essais pyrognostiques. Infusible; dans le tube, donne un peu d'eau avant calcination; est décomposé par l'acide sulfurique concentré et bouillant. Les autres réactions sont celles du zircon.

Diagnostic. Se distingue du zircon par l'eau qu'il renferme, par la facilité de son attaque par l'acide sulfurique; par sa monoréfringence; se différencie de la thorite par sa résistance à l'acide chlorhydrique.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Le malacon se forme aux dépens du zircon dans des roches granitiques; des minéraux analogues se rencontrent dans les syénites néphéli-

niques. Tous les gisements français du minéral se trouvent dans les premières de ces roches.

Plateau Central. — *Haute-Vienne.* C'est dans la carrière de la Vilate près Chanteloube (voir t. II, p. 80) qu'Alluaud a découvert les échantillons de malacon décrits par MM. Damour et Des Cloizeaux (*A. M.* XXIV. 87. 1848). Ce minéral forme de petites plaques d'un brun cannelle accolées à des cristaux de niobite ou enchevêtrées au milieu d'eux : elles ont rarement plus de 4^{mm} ; leur surface offre souvent des formes distinctes appartenant à des cristaux enchevêtrés dont les faces et les arêtes sont le plus généralement arrondies. La forme dominante est $b^{1/2}$ (111) avec de petites facettes h^1 (100) et a_3 (311) (fig. 1) : elle correspond donc aux types III du zircon. Les mesures sont difficiles par suite du mauvais état des faces.

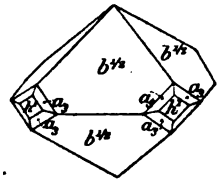


Fig. 1.
Malacon de la Vilate.

Le zircon intact ne se trouve pas en cristaux macroscopiques dans ce gisement.

J'ai observé le malacon en petits grains à cassure cireuse d'un jaune orangé dans la lépidolite de la carrière de la Chèze près Ambazac ; un cristal a pu être isolé et mesuré, il offre la forme $b^{1/2}$ (111), avec de petites facettes h^1 (100).

Corse. — J'ai rencontré dans la granulite à riebeckite du sentier allant d'Evisa à Ota (voir I, p. 696) des cristaux de malacon se montrant très zonés dans les lames minces.

GROUPE DU DIASPORE

Ce groupe renferme les minéraux suivants :

Diaspore.....	$AlO(OH) = Al^2O^3, H^2O$
Gœthite.....	$FeO(OH) = Fe^2O^3, H^2O$
Manganite...	$MnO(OH) = Mn^2O^3, H^2O$

Tous trois sont orthorhombiques et présentent des formes voisines.

DIASPORE

AlO (OH)

Orthorhombique : $m\,m = 93°43'$.

$b : h = 1000 : 440{,}608$. D $= 729{,}640$. $d = 683{,}833$.

$[a : b : c = 0{,}93722 : 1 : 0{,}60387$ (Kokscharoff)].

Formes et faciès. Le diaspore se trouve généralement en cristaux allongés suivant l'axe vertical et le plus souvent aplatis suivant g^1 (010). Dans l'unique gisement décrit plus loin, la forme des cristaux est indistincte ; ce minéral se présente le plus souvent en masses lamellaires.

Clivages. Clivage g^1 (010) parfait, net suivant h^3 (210). Cassure conchoïdale.

Dureté. 6,5 à 7. Très fragile.

Densité. 3,3 à 3,5.

Coloration et éclat. Coloration très variable. Incolore, blanc, gris, gris vert, jaune, brun violet, bleuâtre.

Éclat brillant, vitreux ; sur les lames de clivage, éclat nacré. Transparent ou translucide.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle au clivage g^1 (010), bissectrice aiguë *positive* (n_g) perpendiculaire à h^1 (100). Dispersion faible, avec $\rho < \nu$.

$$\begin{aligned} n_g &= 1{,}750 \text{ (ML et Lx) Na} \\ n_m &= 1{,}722 \\ n_p &= 1{,}702 \\ n_g - n_p &= 0{,}048 \\ 2V &= 84°20' \text{ (Dx) Na.} \end{aligned}$$

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est faible dans les cristaux un peu épais.

Composition chimique. La formule AlO (OH) $= Al^2O^3, H^2O$ correspond à la composition :

Al^2O^3	85,0
H^2O.	15,0
	100,0

Essais pyrognostiques. Dans le tube décrépite et donne de petites écailles blanches opaques à éclat nacré; ne dégage de l'eau qu'à très haute température. Infusible au chalumeau, donne avec l'azotate de cobalt une coloration bleu foncé.

Inattaquable par les acides; décomposé par l'acide sulfurique après calcination.

Diagnostic. De tous les minéraux lamelleux, le diaspore se distingue par sa résistance à l'action des acides, sa dureté, sa densité et les propriétés optiques de ses lames de clivage (notamment sa haute biréfringence et le parallélisme au plan des axes optiques).

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

Le diaspore accompagne le corindon dans plusieurs de ses gisements et notamment dans ceux qui se trouvent au milieu des calcaires métamorphiques. On le trouve plus rarement dans des roches volcaniques associé à de l'alunite, dans les syénites néphéliniques et enfin dans les schistes cristallins; c'est dans ces dernières roches qu'il existe en France.

Plateau Central. — *Haute-Loire.* J'ai signalé (*B. S. M.* XII. 7. 1890) le diaspore dans les enclaves gneissiques des tufs de labradorite de Bournac, au N.-O. du Mézenc; depuis lors, j'ai pu en étudier de nouveaux échantillons, grâce à l'obligeance de M. Vernière.

Le diaspore forme de petits cristaux atteignant 1mm,5 dans une leptynite grenatifère dont les blocs abondent au milieu des tufs volcaniques, notamment à l'Est du village (au pied du plateau coté 1178^{m} sur la carte d'État major). Ces enclaves de leptynites qui atteignent parfois 0^{m}50 de diamètre, ont une teneur en diaspore très variable. Ce sont des roches à grains fins, essentiellement formées de felspath (orthose, oligoclase) et de quartz, avec du grenat almandin rose clair; celui-ci est très irrégulièrement distribué dans des lits parallèles. Des minéraux accessoires : diaspore, rutile aciculaire, graphite, sont généralement localisés dans quelques-uns d'entre eux et peuvent devenir très abondants. Quelques blocs très friables sont presque exclusivement composés par du grenat et du diaspore.

Le diaspore de Bournac constitue des cristaux sans formes nettes, allongés suivant l'axe vertical; son clivage g^1 (010) éclatant se distingue nettement sur la cassure fraîche de la roche. La couleur du

minéral est d'un bleu très pâle ; des recherches attentives ne m'ont pas fait trouver de corindon dans cette leptynite qui, jusqu'à présent, n'a pas été rencontrée en place.

Les enclaves de leptynite englobées par la lave ont été fondues et le diaspore se rencontre parfois en cristaux décapés au milieu de la labradorite.

BAUXITE

Le nom de bauxite[1] a été donné à un hydrate d'alumine analysé par Berthier (*A. M.* VI. 531. 1821) et trouvé pour la première fois aux Baux près d'Arles. Depuis lors, cette substance a été rencontrée dans un grand nombre de gisements et elle a pris une valeur économique grâce à son emploi comme minerai d'aluminium.

La bauxite est considérée actuellement comme un minéral à composition définie auquel on attribue soit la formule $Al^2O^3, 2H^2O = Al^2O[OH]^4$, c'est-à-dire celle de la xanthosidérite, soit $Al^2O^3, H^2O = AlO[OH]$, c'est-à-dire celle du diaspore ; la composition d'une de ses variétés, la *wocheinite*, correspond à la formule de l'hydrargillite $Al^2O^3, 3H^2O = Al(OH)^3$, il en est de même pour une bauxite de la Guyane ; une proportion souvent considérable d'alumine peut être remplacée par du fer.

L'examen d'un très grand nombre d'analyses de bauxites françaises montre que ce minéral est très rarement pur. Quand il renferme son minimum d'impuretés, il se rapproche plus de la composition du diaspore que de toute autre. Mais dans le cas le plus général, il existe une quantité souvent considérable de silice, existant probablement à l'état de silicate d'alumine hydraté de composition inconnue, de telle sorte qu'il n'est pas possible de calculer la véritable formule du produit.

D'autre part, l'examen microscopique des bauxites françaises fait voir que ces substances sont absolument colloïdes. Aussi me semble-t-il difficile de considérer la bauxite comme un minéral défini, il est bien plus probable que les produits désignés sous ce nom sont constitués suivant les cas par divers hydroxydes d'alumine colloïdes, mélangés à des hydrates correspondants de fer et à diverses impuretés, argile, sable quartzeux, etc. C'est en réalité une véritable roche.

1. Berthier avait désigné le minéral sous le nom d'« *alumine hydratée des Beaux* ». Dufrénoy l'a appelé *beauxite* (*Minéral.* III. 799. 1837). L'orthographe correcte (*bauxite*) a été donnée par H. Sainte Claire Deville (*A. Ç. P.* LXI. 309. 1861).

Notons enfin qu'au point de vue chimique, la bauxite renferme une petite quantité de titane non individualisé sous forme minéralogique[1] et pouvant atteindre 4 %. H. Sainte Claire Deville y a signalé en outre des traces de vanadium (0,0009 de V^2O^5 dans la bauxite de Revest) et des traces de P^2O^5.

La bauxite a une valeur industrielle comme minerai d'aluminium, quand elle ne renferme pas trop d'impuretés (SiO^2 ou Fe^2O^3). Il en existe deux variétés commerciales, l'une blanche, l'autre rouge.

Les bauxites riches en fer passent à des minerais de fer en grains (limonite) sur lesquels des tentatives d'exploitation ont été faites ; les rognons ferrugineux de la latérite (voir p. 345) sont également exploités pour le même objet.

Formes et faciès. La bauxite constitue des masses compactes ou terreuses à faciès ordinairement argileux. Elle constitue aussi, surtout dans les variétés ferrifères, des pisolites parfois creux qui sont reliés entre eux par un ciment de même nature ou par de la calcite.

Des productions pisolitiques identiques se rencontrent dans la latérite, elles ont parfois comme ciment de l'hydrargillite (voir page 363).

Densité. 2,55 environ. La densité est nécessairement très variable suivant la teneur en fer et en impuretés.

Coloration et éclat. Rarement absolument blanche comme de la craie, ordinairement blanchâtre, grisâtre, rose et rouge de diverses nuances, rouge foncé dans les variétés ferrifères. Aspect terreux. Parfois éclat un peu résineux dans la cassure (Guyane).

Composition chimique. Comme confirmation de ce qui a été dit plus haut je donne ci-contre :

a) la composition du diaspore Al^2O^3,H^2O ; *b*) celle du composé $Al^2O^3,2H^2O$ et enfin diverses analyses de bauxites prises parmi les plus pures ; *c*) rouge de Villeveyrac (*Hérault*) par M. Augé ; *d*) blanche de Villeveyrac (*Hérault*) par M. Augé ; *e*) de Thovonet (*Var*) par le même (*B. S. G.* XVI. 345 1888) ; *f*) de Villeveyrac (*Hérault*) par le même (*B. S. G.* XVI. 345 1888) ; *g* et *h*) par Moitessier (in Collot *B. S. G.* XV. 331. 1887) ; *i*) d'Allauch par H. Sainte Claire Deville (*A. P. C.* LXI. 309. 1861), l'alumine renferme du TiO^2 ; *j*) du fer pisolitique alumineux du Parâdou.

1. Deville a bien signalé un résidu de rutile et de corindon insoluble dans les acides ; mais je n'ai pas observé ces minéraux dans les échantillons titanifères que j'ai étudiés.

	a)	*b)*	*c)*	*d)*	*e)*	*f)*	*g)*	*h)*	*i)*	
Al^2O^3.....	85,0	73,9	65,00	66,50	69,30	76,90	78,10	43,20	55,40	18
Fe^2O^3.....	»	»	17,60	2,10	12,90	0,10	1,02	7,25	24,80	60
TiO^2.....	»	»	1,50	1,20	3.40	4,00	»	»	3,20	»
SiO^2.....	»	»	1,90	15,80	0,30	2,20	5,78	34,40	4,80	4
$CaCO^3$.....	»	»	»	»	»	»	»	»	0,20	»
H^2O.....	15,0	26,1	14,00	15,20	14,10	15,80	15,10	15,15	11,60	18
	100,0	100,0	100,00	100,80	100,00	99,00	100,00	100,00	100,00	100

Essais pyrognostiques. Dans le tube donne de l'eau ; les autres réactions sont celles du diaspore avec cependant les réactions du fer en plus. Attaquable par les alcalis.

Diagnostic. La bauxite se distingue des argiles en ce qu'elle ne se délaye pas et ne fait pas pâte avec l'eau et en ce que le résultat de son attaque par l'acide sulfurique, évaporé à sec et repris par de l'eau, ne laisse qu'un faible résidu insoluble de silice (dû à des impuretés) ; de plus elle est attaquée par les alcalis.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La bauxite forme de très vastes gisements pouvant en Provence se suivre sur plus de 40 kilomètres. De nombreuses discussions ont eu lieu sur l'âge et le mode de formation de la bauxite.

Au sujet de l'âge, M. Collot a établi (*B. S. G.* XV. 331. 1887) qu'en Provence la bauxite est intercalée entre les ~~calcaires urgoniens~~ et le cénomanien, occupant une lacune constituée par l'absence de l'aptien supérieur et de l'albien. A Villeveyrac (*Hérault*), elle se trouve sur les calcaires jurassiques supérieurs corrodés, elle est recouverte par l'albien. Dans l'Ariège, au Pech de Foix, on l'observe sur la dolomie jurassique et elle est recouverte par le calcaire à *Toucasia*. M. Collot a recueilli des galets de bauxite dans les couches superposées à la bauxite, celle-ci n'est donc pas postérieure au dépôt des couches.

Il est important de constater que partout où la bauxite a été rencontrée dans le Sud de la France, sa présence coïncide avec une lacune stratigraphique. Sa formation est contemporaine d'une période d'émersion.

Au sujet de l'origine de la bauxite, beaucoup d'auteurs ont admis une hypothèse hydrothermale (Coquand, *B. S. G.* XXVIII. 98. 1871), ou geysérienne (M. Augé). M. Stanislas Meunier notamment, frappé de l'association constante dans le midi de la France des calcaires et de la bauxite, regarde celle-ci comme produite par l'action sur les premiers

de sources riches en chlorure d'aluminium et de fer : la réaction donnerait d'une part des hydrates de ces métaux et d'une autre du chlorure de calcium enlevé grâce à sa grande solubilité.

Toute autre est l'explication de Dieulafait (*C. R.* XCIII. 804.1881). Il considère la bauxite comme produite par la décomposition de roches granitiques : elle représenterait la partie légère et facilement transportable produite par cette décomposition, alors que les éléments plus gros et intacts seraient restés à grande distance.

L'argument capital qui a été opposé autrefois à cette théorie, à savoir que la décomposition du granite donne des argiles et non des hydrates d'alumine, a perdu de sa portée depuis que l'on connaît la constitution de la *latérite*. On sait que ce nom est donné à la terre rouge qui, sous les climats tropicaux, prend naissance par la décomposition sur place des roches les plus diverses, granites, diorites, basaltes, gneiss, etc. Comme la bauxite, elle se présente tantôt sous une forme terreuse, tantôt sous une forme compacte ou pisolitique et contient de fréquentes concrétions ferrugineuses.

Il y a fort longtemps Berthier, dans sa première description de la bauxite, a comparé ce produit avec une latérite ferrugineuse du Fouta-Djalon. Tout récemment, M. Max Bauer a repris l'étude de la latérite des Seychelles (*N. J.* 163. 1898) et montré qu'elle est toujours constituée par un hydrate d'alumine et de fer, quelle que soit sa roche originelle ; elle est donc comparable à la bauxite. Quand on a soin d'éliminer les minéraux inattaqués (quartz, etc.), la composition de cet hydrate est celle de l'hydrargillite, mélangée parfois à du diaspore et toujours à des concrétions de limonite et d'hématite.

La possibilité de la formation de la bauxite par une simple décomposition atmosphérique, sans l'intervention nécessaire de phénomènes d'origine profonde, concorde bien avec les données géologiques, indiquant que les gisements de bauxite ont pris naissance dans des périodes d'émersion. Ils rapprochent le mode de formation de cette roche de celui des minerais de fer en grains auxquels elle passe si souvent.

Il reste, il est vrai, à trouver dans le midi de la France des restes de la roche originelle aux dépens de laquelle s'est formée la bauxite, mais cette difficulté n'existe pas, comme on le verra plus loin, pour les bauxites (latérites) d'Auvergne qui ont cependant servi autrefois d'arguments pour la défense de la théorie geysérienne.

Je m'occupe dans ce paragraphe des gisements de bauxite et de ceux de la latérite constitués par des produits colloïdes, et je renvoie à l'article *hydrargillite* pour les minéraux cristallisés que j'ai rencontrés dans quelques gisements de latérite.

Fig. 1.
Pisolites de bauxite englobés dans de grandes plages de calcite (structure pœcilitique) des Baux (*Bouches-du-Rhône*) (*Photographie réduite de moitié.*)

Je réserve le nom de *bauxite* (*stricto sensu*) aux roches du type de celles de le Provence et aux accidents très alumineux et souvent pisolitiques de la latérite.

J'emploie le mot de *latérite* dans son sens habituel, défini plus haut et je l'applique en outre aux roches de même composition, telles que celles du Puy-de-Dôme (altération de gneiss) et de la Hesse (altération de basaltes), dont on peut démontrer la formation aux dépens de roches silicatées en place.

a) *Bauxite.*

Les gisements français de bauxite qui sont ou ont été exploités comme minerai d'aluminium ou qui ont été seulement explorés se trouvent dans les Pyrénées, les Corbières et la Provence. Voici les principaux d'entre eux.

Pyrénées. — *Ariège.* Pereille, Payreau, Roquefixade, Le Pech de Foix (type ferrugineux avec beaux pisolites), Le Pech Saint-Sauveur, Coumetorte, Terrefort, Cadarcet, Coumeloup, Unjat, Suzan (beaux pisolites) Aillères, Clermont, La Barte, Loubersenac, Touron et Saint-Jean-de-Lescure (beaux pisolites ferrugineux), Tauregnan et le col de Bouich, etc.

Corbières. — *Hérault.* Villeneuve, Villeveyrac, (*analyses c, d* et *f*) Loupian, Balaruc, Cazouls, Pierrerac près Saint-Chinian, environs de Bédarieux (Braunhe et Boutegrosse), Argelliès, etc.

Provence. — *Bouches-du-Rhône.* Les Baux, Paradou, Fontvieille,

Maussanne, Aureilles, Eygalières et Orgon, Allauch près Marseille (*analyse i*). Aux Baux se rencontre une variété de bauxite ferrugineuse (30 °/° d'Al^2O^3) en pisolites bien calibrés, réunis par de grandes plages de calcite et constituant ainsi une belle structure pœcilitique représentée par la figure 1.

Var. Revest près Toulon, Le Luc, Thovonet, (*analyse e*) Cabasse, Vins, Brignoles, Rougiers, Mazaugues, Pourcieux, Ollières, Pourrières, le Val, Aups, Sillans, Ampas.

M. Augé m'a signalé l'existence, au milieu des bauxites rouges de ce département, de nids de bauxite blanche particulièrement pure et ayant la composition du diaspore (85 °/₀ d'alumine et 15 °/₀ d'eau.

Saintonge. — *Charente.* Au voisinage de Chasseneuil, entre les Quatre-Vents et le Petit-Madieu, Coquand a signalé (*Descr. géol. Charente*, II. 20. 1860) l'existence d'une bauxite rappelant celle des Baux ($Al^2O^2 = 49,00$, $Fe^2O^2 = 22,12$. $H^2O = 18,20$, quartz $= 10,68$). Elle est rouge et assez résistante pour former des moellons ; elle fait partie de la formation ferrugineuse dont il est question à *limonite*.

Berri. — *Cher*, *Indre*. On a vu plus haut que la bauxite des Baux passe à un véritable minerai de fer ; inversement certains minerais de fer en grains, et notamment ceux du Berri sont souvent riches en alumine, pouvant atteindre 23 °/₀, avec 11 °/₀ de silice, ce qui implique l'existence d'alumine libre et un passage à la bauxite.

b) *Latérite.*

J'ai examiné un assez grand nombre d'échantillons de latérite provenant de *Madagascar*, du *Sénégal*, du *Soudan*, du *Congo*. Ils se présentent sous la forme classique, tantôt en masses compactes et terreuses, rouges ou jaunes, tantôt en concrétions rouges, souvent pisolitiques et renfermant parfois (Guinée française) de petites poches de bauxite blanche, des rognons de limonite fibreuse. Dans quelques gisements, il existe aussi des roches à structure concrétionnée renfermant des enduits d'hydrargillite. Ces latérites sont parfois remaniées par les eaux : celles-ci classent les éléments non altérés et donnent des roches rappelant plus la bauxite que la latérite restée *in situ* qui montre parfois encore la structure de la roche originelle. (Pour les analyses de latérite de Madagascar, voir Müntz. *C. R.* CXXXII. 1203. 1901).

Guyane. — La latérite de la Guyane renferme assez fréquemment

comme accident une variété de bauxite rappelant celle de Provence. Elle consiste en pisolites, pressés les uns contre les autres et réunis par un ciment d'un rouge plus pâle ; ils ont une cassure un peu résineuse. La roche présente une grande dureté.

La bauxite a été signalée pour la première fois par M. Stanislas Meunier (*C. R.* LXXIV. 633, 1872) à la pointe du Diamant. M. Jannettaz a décrit depuis (*B. S. M.* 1. 70. 1878) une bauxite blanche, constituant des masses globulaires qui dépassent la grosseur du poing ; elles sont en partie pisolitiques et en partie compactes. Ces échantillons étaient accompagnés d'autres très ferrugineux, renfermant 68 °/₀ de fer et seulement 12 °/₀ d'alumine. Tous ces produits que j'ai examinés en lames minces sont colloïdes, mais renferment parfois dans leurs cavités de l'hydrargillite dont il sera question plus loin.

Plateau Central. — *Puy-de-Dôme.* La bauxite indiquée par M. Augé (*B. S. G.* XVI. 345. 1887) dans les environs de Madriat doit être tout à fait identifiée avec la bauxite. Elle s'observe notamment sur le pourtour du plateau basaltique d'Apchat, entre Saghat et Saint-Gervozy et autour du plateau basaltique de Mareuges. du Fromental, jusqu'à Bard, par Letz, Madriat, La Brugère. A l'inverse de ce qui a lieu pour les gisements de bauxite du Midi de la France, cette roche ne se trouve pas sur des calcaires, mais sur un substratum de gneiss, et ce fait a conduit M. Augé à combattre la théorie chimique de M. Stan. Meunier qui nécessite l'existence de calcaires. Il admet que la bauxite est le résultat d'une action geysérienne et il appuie sa théorie sur une soi-disante production de bauxite dans les geysers du Yellowstone Park. M. R. L. Packard, en rappelant cette observation (*Min. Ress. of the Unit. States.* 1898. 148), a fait remarquer que l'analogie supposée entre les geysers et la production de la bauxite repose sur une méprise, la bauxite n'existant point parmi les produits geysériens du Yellowstone Park. Il suggère la probabilité d'une origine analogue à celle de la bauxite de la Hesse, c'est-à-dire une production par l'altération des basaltes qui entourent le gisement de Madriat.

L'examen de la question me conduit à rejeter cette dernière opinion, tout comme la précédente. La latérite de Madriat, qui renferme 47 °/₀ d'alumine soluble dans les alcalis (essai fait par M. Bouhard), est une roche rouge poreuse, produite par l'altération sur place du gneiss qu'elle recouvre. Il est facile en effet de suivre au microscope tous les stades possibles d'altération, depuis le gneiss intact jusqu'à la roche

colloïde, ne renfermant plus, comme minéral ancien, que des grains de quartz non roulés. Il n'existe aucun produit néogène cristallisé. La silice éliminée des silicates s'est concentrée en rognons d'opale rouge.

L'existence au milieu de cette bauxite de poches et de filonnets d'alunite montre que des phénomènes solfatariens ont existé dans cette région, mais ils ne me semblent pas être la cause efficiente du phénomène de latéritisation, ils s'y sont seulement superposés. Quant au basalte, il n'est pour rien dans cette formation minérale.

Dans un travail en cours de publication, M. Giraud montre (*B. C. F.* XIII. 1902) que cette formation, là où elle n'a pas été remaniée par ruissellement superficiel, est recouverte par les argiles sableuses de l'oligocène, qui en renferment du reste (Letz) des galets : c'est là une nouvelle preuve de l'indépendance de cette bauxite et des basaltes.

GŒTHITE

FeO (OH)

Orthorhombique. $mm = 94°52'$.

$b : h = 1000 : 446{,}877$. D = 736,448. $d = 676{,}427$.
[$a : b : c = 0{,}9185 : 1 : 0{,}6068$. Phillipps].

Formes observées. m (110), g^1 (010), h^3 (210); e^1 (011); $b^{1/2}$ (111); $z = (b^{1/7}b^{1/3}g^{1/2})$ (252).

Les mesures suivantes ont été prises sur un cristal de Chaillac.

	Angles calculés.	mesurés.		Angles calculés.	mesurés.
mm	94°52′		$b^{1/2}e^1$	150°32′30″	
mh^3	162°6′		$b^{1/2}b^{1/2}$ sur e^1	121°5′	
$^*h^3h^3$	130°40′	130°41′ Lx.	$g^1b^{1/2}$	116°51′	
mg^1	132°34′		$b^{1/2}b^{1/2}$ sur a^1	126°18′	
$^*c^1e^1$ sur p	117°30′		g^1z adj.	141°41′	
c^1g^1	121°15′		h^1z	109°59′	110°47′
$mb^{1/2}$	131°53′30″		zz	140°2′	139° env.

Faciès. Les cristaux de gœthite sont prismatiques suivant l'axe vertical et très striés parallèlement à celui-ci ; ils sont quelquefois

écailleux et alors aplatis suivant le clivage g^1 (010), plus rarement suivant h^1 (100) : ce minéral se présente aussi en masses fibreuses, fibrolamellaires ou compactes.

Le nom d'*onégite* a été donné à une gœthite très aciculaire engagée dans des cristaux de quartz. (Voir page 390, *lépidocrocite*.)

Clivages. Clivages, parfait suivant g^1 (010), difficile suivant h^1 (100) Cassure inégale.

Dureté. 5 à 5,5. Fragile.

Densité. 4 à 4,4.

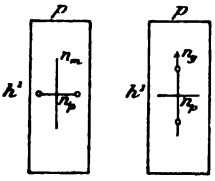


Fig. 1 et 2.
Plan des axes optiques parallèle à p (001) (rayons jaunes et verts). (fig. 1), à h^1 (100) (rayons rouges).

Coloration. Les cristaux épais sont noirs, à éclat adamantin, les autres variétés ont des couleurs variées ; les fibres ont quelquefois un éclat velouté. Poussière jaune à jaune d'ocre. Translucide en lames minces.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle à p (001), pour le jaune et le vert, parallèle à h^1 (100) pour le rouge. Bissectrice aigue *négative*[1] (n_p), perpendiculaire au clivage g^1 (010). Dispersion intense $\rho < v$, rappelant celle de la brookite, mais de sens inverse.

	rouge	vert	jaune
2 E =	58°31′	67°42′	36°46′ (Pelikan).

N = 2,5 environ. $n_g - n_p = 0{,}134$ (Pelikan)

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est intense : $n_m > n_p > n_g$.

c = jaune orangé clair
a = brun
b = jaune brunâtre.

Composition chimique. La formule FeO (OH) ou Fe^2O^3,H^2O correspond à la composition *a*. Il existe souvent une petite quantité de manganèse, des traces d'acide phosphorique ; *b*. Analyse de la gœthite de Rancié, par Dufrénoy (*Minér.* II. 584. 1856).

	a)[2]	*b*)
Fe^2O^3.....	89,9	89,40
H^2O.....	10,1	9,10
SiO^2.....	»	1,20
	100,00	99,70

1. Dans les *Minéraux des roches*, nous avons inexactement indiqué, d'après Palla, la bissectrice comme étant positive.

2. Fe = 62,9.

Essais pyrognostiques. Dans le tube, dégage de l'eau en se transformant en Fe^2O^3 rouge. Pour les autres réactions, voir à *hématite.* Donne parfois les réactions de l'acide phosphorique. Soluble dans l'acide chlorhydrique.

Diagnostic. Voir à *limonite* et à *hématite.*

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La gœthite se rencontre dans les gisements des autres oxydes de fer et tout particulièrement dans ceux de la limonite et de l'hématite.

1° *Dans les gisements ferrugineux.*

Pyrénées. — *Ariège.* La gœthite a été signalée par Dufrénoy dans la mine de limonite de Rancié (Voir à *lépidocrocite*).

Plateau Central. — *Tarn.* J'ai observé des cristaux de gœthite tapissant des géodes de limonite d'Alban le Fraysse, ils sont trop petits pour pouvoir être mesurés avec précision ; les formes $b^{1/2}$ (111), e^1 (011), m (110) et g^1 (010) sont cependant parfois distinctes.

Des houppes noires de gœthite se trouvent à la surface du quartz de la mine de galène de Peyrebrune près Réalmont.

Berri. — *Indre.* J'ai étudié un très bel échantillon de gœthite provenant de La Forêt Chenier à Chaillac que m'a procuré M. Stuer. Il est constitué par un groupe divergeant de cristaux fibrolamellaires de 3 cm. 5 de longueur ; il est implanté sur une géode de cristaux de quartz reposant eux-mêmes sur un calcaire. Les aiguilles se terminent à l'intérieur de la géode par quelques pointements aciculaires rappelant par leur forme les cristaux d'acmite de Norvège. Tous ces cristaux sont aplatis suivant h^1 (010), présentent le prisme h^3 très brillant et sont terminés par une pyramide qui paraît être z (252).

Dauphiné. — *Isère.* Les couches de limonite de la Verpillière ont fourni de beaux échantillons de gœthite en aiguilles bacillaires de 3 centimètres de longueur ou en lames associées à des cristaux de quartz et de calcite : ils se rencontrent dans les cloisons d'ammonites.

Vosges — [*Alsace*]. La gœthite cristallisée a été signalée dans les gisements d'hématite de Framont.

2° *En inclusions dans des cristaux de quartz.*

Les cristaux de quartz des gisements les plus divers (filons métalli-

fères, roches sédimentaires, etc.) renferment assez souvent des inclusions microscopiques ou macroscopiques de gœthite dont les lames ou les aiguilles d'un jaune brun sont parfois extrêmement jolies et tout à fait identiques à l'*onégite* du lac Onéga.

Dordogne. Dans l'améthyste de Saint-Martin de Fressingeas (Michel : *B. S. M.* XV. 195. 1892).

Isère. Dans le quartz hyalin des filons de sidérite d'Allevard.

Gard. Des lames de gœthite se trouvent dans ou sur les cristaux de quartz du trias d'Alzon que m'a communiqués M. de Brun.

MANGANITE

(ACERDÈSE [1])

MnO(OH)

Orthorhombique. $m\,m = 99°40'$.

$b : h = 1000 : 416{,}353$. D. 764,174. $d = 645{,}029$.

$[a : b : c = 0{,}84407 : 1 : 0{,}54484$ (Haidinger)].

Formes observées, p (001) ; m (110), h^1 (100), h^3 (210), g^3 (120) ; $a^{5/2}$ (205) ; $b^{1/2}$ (111).

Macles. Macles suivant e^1 (011) produites par entrecroisement ou par contact ; dans ce dernier cas, elles sont souvent plusieurs fois répétées et s'effectuent suivant l'une ou l'autre des faces e^1, de façon à donner des groupements rappelant ceux du rutile.

J'ai mesuré les angles suivants sur les cristaux d'Adervielle.

	Angles calculés.	Angles mesurés.		Angles calculés.	Angles mesurés.
*mm	99°40′		$pa^{5/2}$	165°31′30″	165°38′ Lx
mh^1	139°50′		$a^{5/2}a^{5/2}$ sur p	151°3′	151°16′ Lx
mg^1	131°40′		$pb^{1/2}$	139°49′	
g^1h^3	112°53′	113°9′ Lx	pm	90°	
h^3h^3 (sur g^1)	134°14′		$b^{1/2}b^{1/2}$ sur p	99°38′	
h^1g^3	149°21′30″		$b^{1/2}b^{1/2}$ sur a^1	130°48′30″	
*e^1 e	121°50′		$b^{1/2}b^{5/2}$ côté	120°54′30″	

1. Je reviens au nom de *manganite* proposé par Haidinger en 1827, et adopté à l'étranger, au lieu de celui d'*acerdèse* que Beudant n'a employé qu'en 1832.

Faciès des cristaux. Les faces de la zone verticale sont très striées parallèlement à leurs intersections mutuelles ; les cristaux sont souvent groupés en grand nombre à axes parallèles ou réunis sous forme de gerbes, de buisson ; ils constituent aussi des masses columnaires fibreuses, grenues, stalactiformes.

Clivages. Clivages parfaits suivant g^1 (010) et m (110). Cassure irrégulière.

Dureté. 4. Fragile.

Densité. 4,2 à 4,4.

Coloration et éclat. Noir de fer à noir gris d'acier. Éclat presque métallique. Poussière brun rougeâtre, inclinant vers le noir. Opaque, sauf en lames très minces qui, vues à travers g^1, se montrent brunes.

Propriétés optiques. En étudiant des lames de clivage obtenues par choc et ayant moins d'un centième de millimètre d'épaisseur, j'ai pu constater des propriétés optiques semblables à celles de la gœthite ; Plan des axes optiques parallèles à p (001), bissectrice aiguë négative (n_p) perpendiculaire au clivage g^1 (010). Dispersion très forte, $\rho > \nu$. 2 E est petit. Les plages sont de trop faible dimension pour se prêter à une mesure précise. La biréfringence est élevée.

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est net, mais difficile à préciser, les lames orientées étant toujours parallèles au clivage g^1 et par suite peu pléochroïques ; il semble que le pléochroïsme suive la même loi que dans la gœthite avec prédominance de la couleur brune.

Composition chimique. La formule MnO(OH) ou Mn^2O^3, H^2O correspond à la composition suivante :

Mn.....	62,4
O.....	27,3
H^2O.....	10,3
	100,0

1. Thomson a décrit (*Outlines Mineralogy*. I. 509. 1836) sous le nom de *newkirchite* un minéral ayant les caractères extérieurs de la manganite (densité 3,824), mais renfermant d'après une analyse de Muir : MnO^2 56,30, Fe^2O^3 40,35, H^2O 6,70 = 103.35 : le minéral recouvrait une psilomélane. Je n'ai pu trouver la place en Alsace du Neukirchen d'où proviendrait ce minéral qui me paraît être un mélange physique de manganite et d'un oxyde de fer, plutôt qu'un mélange isomorphe en partie déshydraté de manganite et de gœthite. Tous les échantillons que j'ai vus dans les collections sous ce nom sont constitués par de la manganite normale.

Essais pyrognostiques. Dans le tube, donne de l'eau ; calcinée au contact de l'air, se transforme en MnO^2 (polianite) ; pour les autres propriétés, voir à *polianite*.

Altérations. La manganite se déshydrate fréquemment sans perdre ni sa forme, ni l'éclat de ses faces ; elle se transforme alors en MnO^2 ; on a vu page 235 que ces pseudomorphoses sont désignées sous le nom de *pyrolusite*.

Diagnostic. Parmi les minerais de manganèse, la manganite se distingue par sa forme cristalline, son clivage facile, la fréquence des agrégats fibreux ou des lamelles qu'elle constitue, la couleur de sa poussière quand elle n'est pas transformée en pyrolusite. La couleur et le dégagement de chlore par l'action de l'acide chlorhydrique et les réactions du manganèse ne permettent pas de confondre la manganite avec la gœthite.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La manganite est un minéral abondant, qui cependant se rencontre assez rarement en grandes masses. Elle est, dans la plupart des gisements français qui vont être décrits, plus ou moins complètement déshydratée (*pyrolusite*) et transformée en polianite.

Je la considérerai successivement :

1° Dans les gisements métallifères.

2° Dans les roches sédimentaires.

1° *Dans les gisements métallifères.*

a) *Dans les gites exclusivement manganésifères.*

La manganite constitue à elle seule quelques filons où elle semble être le minéral primordial, mais elle résulte le plus souvent de la décomposition d'autres minéraux manganésifères moins oxydés, dialogite ou rhodonite.

J'ai joint à ces filons quelques gisements sur l'origine desquels je n'ai pas de documents suffisants et qui ne sont peut-être pas d'origine filonienne.

La manganite est parfois accompagnée de psilomélane compacte ou terreuse.

Bretagne. — *Morbihan.* Je n'ai pas de renseignements précis sur les conditions de gisements de la manganite qui remplit les fentes des micaschistes au Bec Melen à l'île de Groix. Elle constitue des masses

concrétionnées, tuberculeuses, hérissées de petits cristaux brillants, mais indéterminables. Ces cristaux sont presque complètement déshydratés (pyrolusite) et ont une poussière noire.

Pyrénées. — *Hautes-Pyrénées*. La manganite en partie déshydratée abonde aux affleurements des gites manganésifères silicatés et carbonatés des vallées du Louron et d'Aure. Elle se présente le plus souvent sous forme de masses terreuses, sillonnées de filets à éclat métallique. J'ai cependant observé de petits cristaux distincts à la mine de Nabias à Adervielle; ils tapissent des géodes au milieu du même minéral à structure terreuse. Il existe deux types de cristaux se trouvant dans des géodes distinctes. Les premiers, en individus de 0 cm. 5, offrent les formes h^3 (210), g^1 (010) et p (fig. 1); les faces g^1 sont parfois très petites, les faces h^3 striées verticalement.

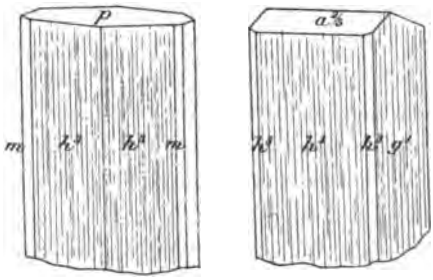


Fig. 1 et 2.
Manganite de la mine de Nabias.

Les cristaux du second type sont aplatis suivant h^1 (100); cette face est très cannelée verticalement et accompagnée de g^1 et de h^3; les cristaux sont terminés par de très petites faces brillantes $a^{5/2}$ (205) (fig. 2) et parfois p (001). Le plus souvent les cristaux de ce type ne présentent pas de terminaison distincte, ils sont arrondis et groupés en grand nombre pour constituer des croûtes fibreuses. Ces cristaux sont extrêmement fragiles et difficiles à isoler, à cause de la grande facilité du clivage g^1, perpendiculaire à leur aplatissement.

Ariège. Les parties superficielles du gisement de dialogite de las Cabesses près Riverenert (voir à *dialogite*) renferment des oxydes de manganèse qui sont ou bien de la manganite, ou bien de la pyrolusite résultant de la déshydratation de celle-ci. Parmi les échantillons que j'ai étudiés se trouvent des masses stalactiformes à structure fibro-lamellaire. Les cavités de celles-ci sont parfois hérissées de lames cristallines. Elles sont très aplaties, tranchantes, à contours arrondis, très fragiles. Leur détermination cristallographique est impossible, elles sont aplaties suivant h^1 (100) et ressemblent beaucoup aux échantillons qui, depuis quelque temps, se trouvent dans les mines de Negaunee dans le Michigan.

J'ai recueilli de petites masses cristallines fibreuses ou sphérolitiques de manganite dans le calcaire jurassique de la montée de Caussou entre le bois du Fajou et le signal de Caussou. Des recherches infructueuses ont été faites sur ce gisement qui se trouve à proximité de la lherzolite.

Corbières. — *Aude*. La mine de la Ferronnière près Arques fournit une manganite en partie déshydratée et même de la pyrolusite typique. Ces minéraux forment des masses concrétionnées à clivages fibro-lamellaires ; il est souvent possible d'en détacher les zones successives, les unes assez dures, les autres tendres, à poussière très noire, mais possédant les unes et les autres un éclat métallique très vif.

Des masses mamelonnées de manganite ont été signalées à Davejean.

Vosges. — [*Alsace*]. Les fentes des grès bigarrés de Soulz-les-Bains près Strasbourg ont fourni des agrégats de petits cristaux d'un noir bleuâtre de manganite plus ou moins transformée en pyrolusite; ils sont très fragiles et se mettent en miettes sous la simple pression du doigt. Ce minéral est associé à de la psilomélane. Il existe dans les mêmes conditions à la base du Dreyspitze près de Greisswiller, ainsi qu'à Vieux-Thann, Bergheim, Westhalten, etc. (Voir la note page 353 concernant la *newkirchite*.)

Vosges. La collection du Muséum possède un bel échantillon indiqué comme provenant des environs de Saint-Dié et faisant partie de la collection Gillet de Laumont qui date du commencement du siècle dernier. Il est constitué par de gros cristaux cannelés et basés de manganite, associés à de la barytine ; c'est un fragment d'un nodule arrondi dépourvu de gangue, il ressemble d'une façon frappante à la manganite d'Ilefeld. Si l'indication portée sur l'étiquette est exacte, ce minéral provient sans doute de Laveline où il existe de la psilomélane.

Algérie. — *Constantine*. Des veinules de manganite en partie déshydratée se rencontrent à Gastu, à l'Est de Jemmapes, dans les schistes liguriens, à Kef-el-Aguel (au N.-N.-O. de Souk-Ahras) dans les calcaires sénoniens et enfin à la Voile Noire, au Nord-Ouest de Bône, dans les gneiss; ces gisements ne paraissent pas avoir d'importance économique.

b) *Dans des gisements métallifères divers et en particulier dans les gisements ferrifères.*

Les gisements de manganite, de beaucoup les plus nombreux sont

les filons ferrifères oxydés résultant de la transformation de carbonates. La sidérite renferme très fréquemment, comme on le verra plus loin, du manganèse en proportion plus ou moins grande; celui-ci s'isole, sous forme de manganite, au moment de la transformation de la sidérite en limonite. De l'examen que j'ai fait d'un très grand nombre de minerais de fer manganésés, il résulte pour moi la conviction que le manganèse n'y existe pas, au moins dans la plus grande partie d'entre eux, à l'état de mélange isomorphe avec le fer dans la limonite, mais qu'il constitue de la manganite mélangée physiquement à ce minéral. Ce mélange est parfois microscopique, mais il est fort souvent facilement étudiable à l'œil nu, surtout dans les échantillons de limonite concrétionnée. D'ordinaire, on voit la limonite fibreuse implantée dans les fentes de la limonite compacte ou caverneuse et séparée d'elle par une zone de manganite à éclat métallique; les stalactites de limonite ont souvent un axe de manganite. Il n'est pas rare de rencontrer des alternances des zones de limonite et de manganite, enfin celle-ci constitue souvent aussi à la surface externe de la limonite une croûte vernissée brillante ou enfin des houppes de cristaux distincts qui viennent tapisser l'intérieur des géodes.

La manganite forme aussi dans les mêmes gisements des amas ou des filonnets indépendants, atteignant quelquefois une notable épaisseur; elle est souvent associée à de la psilomélane.

Le fait que la manganite provient bien de la sidérite est attesté non seulement par la fréquence de ce minéral dans les gîtes de fer originellement constitués par des carbonates, mais encore par son absence (au moins dans les gisements français) dans les filons de limonite résultant exclusivement de l'oxydation de sulfures.

Pyrénées. — *Basses-Pyrénées.* La manganite a été trouvée autrefois dans les filons de sidérite et de panabase de Baigorry.

Ariège. La manganite plus ou moins transformée en pyrolusite se rencontre fréquemment dans la mine d'hématite de Rancié; elle s'y trouve soit intimement mélangée à la limonite, soit en filonnets ou en géodes indépendantes; les cristaux sont très lamelleux, aplatis suivant h^1 (100); leurs arêtes sont courbes et ne se prêtent pas à des mesures précises.

Pyrénées-Orientales. La manganite se présente dans les mines de fer du Canigou sous les mêmes formes qu'à Rancié (mines de Casteil, de Fillol, de Thuès); dans la concession de Fillol on a trouvé des

masses fibrolamellaires de manganite rappelant celles d'Ilefeld, elles se trouvent parfois comprises entre une gangue de limonite fibreuse et une cavité tapissée de calcite.

A Corneilla de Conflent, la manganite se trouve dans les calcaires dévoniens (griotte) en masses terreuses traversées par des veinules du même minéral à éclat métallique.

Plateau Central. — *Tarn.* De fort beaux échantillons de manganite se trouvent dans les gîtes de limonite de las Costes près Alban-le-Fraysse. Ce minéral forme des nodules concrétionnés fibro-lamellaires plutôt que fibreux; dans des géodes se rencontrent parfois des cristaux nets présentant dans la zone verticale des faces m, h^1, g^1, h^3, cannelées, mais brillantes. Ces cristaux sont basés, ils ont une structure polysynthétique, leur pointement est formé par l'extrémité irrégulière des nombreux individus constituant l'assemblage.

Le même minéral forme des masses grenues ou lamellaires dans la psilomélane au roc Saint-Michel près du Fraysse.

La collection du Muséum possède un échantillon de quartz ferrugineux dans les géodes duquel se trouvent de beaux cristaux basés de manganite rappelant ceux d'Ilefed et provenant de Pomarède-en-Pont-de-Larn, près Mazamet.

Ardèche. La manganite a été signalée dans les gisements ferrifères de la Voulte.

Vosges. — [*Alsace.*] La manganite terreuse à éclat métallique plus ou moins déshydratée a été trouvée autrefois à Framont (Noire-Maison); on l'a signalée aussi en petites écailles nacrées à Sainte-Marie-aux-Mines (mines des Trois Rois et de Fluss Grube).

Alpes. — *Isère.* Les filons de sidérite de la région d'Allevard contiennent de la manganite, je n'ai vu aucun cristal déterminable dans les échantillons provenant de cette région.

Algérie. — *Oran.* La manganite se rencontre dans les gîtes de limonite du Djebel Bou-Kerou et de Bab-M'teurba (Rar-el-Maden près de Nemours). Dans ce dernier gisement, elle forme de jolies houppes de lames, non déterminables au point de vue cristallographique, dans l'intérieur de grandes géodes de limonite : cette limonite est elle-même mélangée de manganite fibrolamellaire.

Constantine. Je signalerai la manganite dans les limonites de

Mesallas à l'Ouest de Philippeville, du Djebel Soud au N.-N.-O. d'Aïn Beida, dans l'hématite de Tartara à l'Est de Guelma.

Enfin les mines de magnétite d'Aïn Mokra (Mokta-el-Hadid) ont fourni parfois des tubes creux à forme bizarre, entièrement formés de manganite parfois translucide en lames minces ; pas plus que dans les gisements similaires des Pyrénées, je n'ai pu y trouver de cristaux mesurables.

2° *Dans les roches sédimentaires.*

Les dendrites manganésifères qui s'observent dans les fentes de presque toutes les roches sont attribuées par la plupart des auteurs à la manganite. Je ne pense pas toutefois que cette opinion doive être acceptée sans les plus expresses réserves. Dans aucun des nombreux échantillons des gisements les plus divers que j'ai examinés, il ne m'a été possible de trouver d'évidence des formes cristallines à rapporter à celles de la manganite ; de plus, ces dendrites renferment fréquemment des quantités notables de fer, des traces de cobalt, parfois de baryum et il est bien plus probable qu'elles sont constituées par des manganites complexes du groupe de la psilomélane. La question peut du reste être presque démontrée par l'étude du gypse ludien de Paris. On y trouve en effet des dendrites, parfois associées à de petits nodules manganésifères ; ceux-ci sont formés non par de la manganite, mais par de la psilomélane. Je dis presque démontrée, parce que les deux minéraux coexistent parfois dans d'autres gisements, mais ici il paraît impossible d'établir de distinction entre les dendrites et leurs renflements.

La seule démonstration définitive devrait consister dans une analyse quantitative rigoureuse de ces dendrites, elles sont si minces qu'il ne faut pas y songer.

Maine. — *Mayenne*. Je dois à l'obligeance de M. Œhlert des échantillons de manganite provenant de la Gandonnière près Laval ; ce sont des nodules finement grenus renfermant des parties fibro-lamellaires à éléments plus gros, souvent disposés à la périphérie des blocs. Ce minerai se rencontre au milieu d'une terre manganésifère remplissant des poches du calcaire carbonifère dont les assises sont presque verticales ; il est en partie déshydraté (pyrolusite). L'origine de ce minerai n'est probablement pas filonienne.

3° *Gisements incertains.*

Périgord. — *Dordogne.* J'ai vu dans plusieurs collections des échantillons de manganite portant la mention « Périgueux ». On sait que dans le commerce les minerais de manganèse des environs de Nontron et de Confolens ont été autrefois désignés sous le nom de minerais de Périgueux[1]. Il est donc possible que les échantillons en question proviennent de l'un de ces gisements, cependant tous les minéraux manganésifère de cette région, de provenance certaine, que j'ai pu étudier, sont constitués par de la *psilomélane.*

LÉPIDOCROCITE

Von Kobell a proposé de réunir, sous le nom de gœthite, les divers hydroxydes de fer cristallisés et il a été suivi par tous les minéralogistes. En étudiant les propriétés optiques de ces minéraux, j'ai constaté que les lamelles rouges de la région de Siegen, désignées sous le nom de *rubinglimmer* et les écailles rouges en groupes palmés, appelées *lépidocrocite*, possèdent des propriétés optiques différentes de celles de la gœthite, telles qu'elles sont exposées plus haut. On peut remarquer d'autre part que les analyses du rubinglimmer et de la lépidocrocite montrent en général une teneur en eau supérieure à celle exigée par la formule de la gœthite. Il me semble donc légitime de réunir tous ces minéraux en une espèce distincte que je désignerai sous le vieux nom de *lépidocrocite.* L'application des strictes règles de la nomenclature conduirait à réserver le nom de gœthite pour ces minéraux, car c'est pour la variété rubinglimmer d'Eiserfeld que Lenz, en 1806, a créé le nom de *gœthite*; mais celui-ci est si universellement adopté aujourd'hui par tout le monde pour désigner le composé FeO(OH), dont les cristaux du Cornwall présentent les propriétés caractéristiques, qu'il me semble préférable de ne pas le détourner de son sens actuel.

1. Dans un lot de minéraux de la collection de Vibraye acheté par le Muséum, se trouve un échantillon de manganite cristallisée, avec l'indication suivante de localité : Mirambeau entre Saintes et Blaye. Cette indication est des plus douteuses, Mirambeau (*Charente-Inférieure*) se trouve dans des calcaires sédimentaires où à ma connaissance il n'a pas été rencontré de minerai de manganèse.

Orthorhombique. Formes voisines de la gœthite.

Faciès. Les cristaux d'Eiserfeld se présentent sous forme de petites écailles micacées suivant g^1 (010), bordées par les faces h^1 (100) ou m (110), $a^{1/4}$ (401) (arrondies) et $e^{1/4}$ (041). Cette variété n'existe pas en France, où ne se trouve que la lépidocrocite, fibreuse ou constituant des agrégats à structure palmée qui rappellent ceux de la muscovite palmée.

Clivages. Clivage micacé suivant g^1 (010) et clivages moins faciles suivant p (001) et h^1 (100).

Densité. 3.55 à 3.63.

Coloration et éclat. Rouge-sang, rouge cochenille, brun rouge. Poussière brun rouge. Éclat adamantin ou métallique.

Propriétés optiques. Les propriétés optiques se rapprochent beaucoup de celles de la limonite, pour se différencier nettement de celles de la gœthite. Plan des axes optiques parallèle à h^1 (100). Bissectrice aiguë, négative, normale au clivage g^1 (010), avec très grand écartement des axes optiques, sans dispersion anormale.

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est plus intense que celui de la limonite : il se produit dans les teintes suivantes, qui se distinguent nettement de celles de la limonite quand les deux minéraux sont associés. Dans les lames un peu épaisses, on observe

n_g = jaune brun.
n_m = jaune orangé.
n_p = jaune clair.

avec $n_g > n_m > n_p$. Le maximum d'absorption a lieu suivant l'allongement des cristaux (différence avec la gœthite et la limonite).

Composition chimique. Le tableau suivant donne la composition centésimale correspondant aux hydrates :

a) Fe^2O^3, H^2O (gœthite) ; *b*) $5Fe^2O^3$, $6H^2O$; *c*) $4Fe^2O^3$, $5H^2O$; *d*) $3Fe^2O^3$, $4H^2O$; *e*) $2Fe^2O^3$, $3H^2O$ (limonite).

	a)	*b*)	*c*)	*d*)	*e*)
Fe^2O^3.....	89,9	88,1	87,67	86,96	85,56
H^2O.....	10,1	11,9	12,33	13,04	14,44

Les analyses du *rubinglimmer* de Siegen et de la lépidocrocite publiées par von Kobell, Rammelsberg (*Miner. Chem.*) indiquent des teneurs en eau oscillant entre 11,35 et 12,68. Ces deux extrêmes cor-

respondent par conséquent aux deux analyses *b* et *c* données ci-dessus. Rammelsberg a expliqué ces différences avec la composition théorique de la gœthite par des mélanges de gœthite et de limonite. L'étude des propriétés optiques ne permet pas d'admettre cette hypothèse et il est évident qu'il existe là une espèce minérale distincte; on ne peut guère en effet, considérer ces minéraux si transparents et à propriétés si constantes comme des limonites en partie déshydratées.

Je n'ai pas à ma disposition de matériaux, provenant de gisements français, assez dépourvus de mélange avec de la limonite pour qu'il soit possible d'en faire une analyse permettant de décider entre ces deux formules, mais j'ai pu purifier environ 0 gr. 5 de lamelles du rubinglimmer d'Eiserfeld. Mon collègue, M. Maquenne, a bien voulu y doser l'eau d'une façon précise et a obtenu 11 °/₀ d'eau recueillie, ce qui rapprocherait la composition de celle de la gœthite : de nouvelles analyses du minéral seraient désirables.

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La lépidocrocite se rencontre comme la gœthite dans des gisements ferrifères où elle accompagne toujours la limonite.

Maine. — *Mayenne.* La lépidocrocite sous forme de paillettes rouges, palmées, est associée à la limonite de Saint-Pierre-la-Cour.

Pyrénées. — *Ariège.* La lépidocrocite abonde dans la limonite de la mine de Rancié en Sem, près Vicdessos; elle y constitue de petites masses ou des lits alternant avec ceux de limonite; elle possède dans les échantillons que j'ai recueillis une belle couleur rouge métallique et la structure palmée typique.

Pyrénées-Orientales. La lépidocrocite se trouve mélangée à la limonite des mines du Canigou sous la même forme qu'à Rancié.

Plateau Central. — *Saône-et-Loire.* La lépidocrocite a été trouvée dans la mine de limonite de Chizeuil en Chalmoux sous des formes variées que j'ai signalées autrefois (*B. S. M.* VIII. 41. 1885) en la décrivant sous le nom de gœthite. Elle y constitue des croûtes fibreuses d'un beau rouge à éclat cuivreux ou jaune vif (avec zones successives de teintes un peu différentes) de 2 ou 3 cm. d'épaisseur. On la trouve aussi sous forme concrétionnée un peu coralloïde dont les sections montrent une structure finement fibreuse et une coloration très diffé-

rente de celle de la limonite brune du même gisement. C'est sur cette variété que sont implantés les cristaux de barytine de la variété *volnyne* décrits plus loin.

HYDRARGILLITE

$Al(OH)^3$

Monoclinique $mm = 60°50'$.

$$b : h = 1000 : 968,890. \quad D = 505,055 \quad d = 863,089.$$
$$[a : b : c = 1,70890 : 1 : 1,91843 \text{ (Brögger)}. \quad xy = 85°26'.]$$

Formes observées. p (001), h^1 (100) m (110).

Macles. De nombreuses macles ont été signalées dans l'hydrargillite.

1° Macles suivant p (001).

2° Macles fort communes suivant un plan normal à p, faisant un angle de 119°9'30" avec l'arête $p\ h^1$ et de 0°31'30" avec l'arête $p\ m$ (Brögger) ; les faces p et $\bar{p}$ coïncident, la zone $p\ m$ de l'un des cristaux coïncide avec la zone $p\ h^1$ de l'autre.

3° Macles plus rares suivant m (10$\bar{1}$0) ($c\bar{c} = 175°26'$) et suivant h^1 (100) ($c\bar{c} = 171°58'$).

Ces macles se combinent entre elles à la façon des macles de la péricline et de l'albite des plagioclases.

Faciès. L'hydrargillite forme rarement des cristaux distincts qui du reste n'existent pas dans les gisements décrits plus loin ; ce sont le plus souvent de petites lamelles hexagonales microscopiques. Elle constitue aussi des concrétions, des stalactites ou des enduits à structure fibro-lamellaire ; elle épigénise des feldspaths qui conservent les formes ordinaires.

Clivages. Clivage micacé suivant p (001), donnant des lames un peu flexibles ; figures de percussion semblables à celles des micas, produisant des stries perpendiculaires aux côtés de l'hexagone.

Dureté. 2,5 à 3,5 2,397 (Nouvelle-Calédonie).

Densité. 2,3 à 2,4.

Coloration et éclat. Blanche, grise, verte, jaune rougeâtre; parfois colorée en rouge par mélange avec des oxydes de fer. Éclat nacré sur les lames de clivage p (001), vitreux sur les autres faces. Aspect terreux dans quelques variétés [1]. Transparente, translucide ou opaque.

Propriétés optiques. Les propriétés optiques sont variables avec les gisements. La bissectrice est *positive*. Le plan des axes est perpendiculaire à g^1 (010) à la température ordinaire, n_p coïncide avec l'orthodiagonale, n_g fait dans g^1 (010) un angle de 58°34′ avec la trace de p (rouge) $\rho > v$. Des Cloizeaux a montré les variations apportées dans ces propriétés par la chaleur; n_g reste dans g^1, mais à partir de 56°C, le plan des axes optiques devient parallèle à g^1, avec $\rho > v$. A 26°5, le minéral est uniaxe pour les rayons bleus. Dans quelques cristaux, le plan des axes optiques est, à la température ordinaire, parallèle à g^1.

Les cristaux de Norwège sont sensiblement uniaxes. n_g fait avec l'axe vertical un angle de 69° dans l'angle obtus de $p\,h^1$ (Brögger).

M. Brögger a donné les indices suivants pour l'hydrargillite de Norvège

$$n_g = 1{,}55769$$
$$n_m = n_p = 1{,}53476$$

La biréfringence que l'on déduit de ce nombre est $n_g - n_p = 0{,}02298$. Les mesures directes que nous avons faites, M. Michel Lévy et moi sur l'hydrargillite du Brésil donnent une valeur plus faible 0,019.

Composition chimique. La formule $Al(OH)^3 = Al^2O^3,3H^2O$ correspond à la composition *a*). *b*) analyse de l'hydrargillite terreuse (bauxite) de la crique Boulanger par Jannettaz (*B. S. M.* I. 70. 1878).

	a)	*b*)
Al^2O^3.....	65,4	64,4
Fe^2O^3.....	»	1,5
MgO.....	»	1,0
H^2O	34,6	33,5
	100,0	100,4

Essais pyrognostiques. Le minéral donne de l'eau dans le tube en devenant opaque et blanc. Infusible au chalumeau. Donne avec la solution de cobalt la couleur bleue de l'alumine. Soluble dans l'acide sulfurique.

Diagnostic. L'hydrargillite fibreuse peut être comparée à la wawellite dont elle se distingue par l'absence des réactions de l'acide phos-

1. L'hydrargillite répand une odeur argileuse sous l'haleine.

phorique (pas de coloration de la flamme au chalumeau, pas de précipité jaune par la solution molybdique).

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

L'hydrargillite est un minéral secondaire que l'on trouve en cristaux distincts dans la syénite néphélinique et en masses concrétionnées dans les fentes de diverses roches décomposées, dans la latérite.

Je ne l'ai observée que dans les gisements coloniaux suivants.

1° *Dans les fentes de roches éruptives altérées.*

Nouvelle-Calédonie. Des masses concrétionnées d'hydrargillite à surface mamelonnée et à structure fibro-lamellaire, se rencontrent dans les gisements manganésifères résultant de l'altération des serpentines de l'île. De beaux échantillons pouvant rivaliser avec ceux du Brésil proviennent notamment des mines Persévérance à Monéo ; ceux que j'ai examinés sont d'un jaune ambré et intimement associés à de l'asbolite. La structure concrétionnée des deux minéraux est comparable ; ils sont constitués par des écailles concentriques, mais avec en plus, pour l'hydrargillite, une structure fibro-lamellaire. La production de ces deux espèces minérales a été souvent alternante bien que dans quelques spécimens, on les voie s'interpénétrer.

2° *Dans la latérite.*

Je n'ai rencontré l'hydrargillite dans la latérite (voir page 345) que dans les gisements suivants.

Guinée. — La latérite de la Guinée et notamment du mont Kakoulima renferme des fragments de roches, dont la structure originelle est encore distincte, bien que tous les minéraux normaux aient été transformés. Des échantillons de ce genre provenant de l'altération de gabbros et de norites, que je dois à l'obligeance du capitaine Salesses, présentent des cristaux enchevêtrés blancs, laiteux, ayant encore l'apparence de feldspaths intacts. Ceux-ci cependant sont entièrement transformés en paillettes maclées d'hydrargillite, rappelant celles décrites par M. Max Bauer dans la latérite des Seychelles et celles des basaltes du Vogelsberg et du Westerwald.

Guyane. — On a vu page 349 que d'après une analyse de M. Jannettaz, la bauxite de la latérite de la crique Boulanger (Rivière

Comté) a la composition chimique de l'hydrargillite ; les échantillons analysés que j'ai examinés sont absolument monoréfringents, mais dans quelques spécimens très ferrugineux de la même région, provenant de l'Exposition de 1900, j'ai constaté dans les fentes de bauxite pisolitique de petites géodes mamelonnées et des enduits fibreux d'hydrargillite. Dans les lames minces, ils se montrent constitués par des lamelles transparentes, présentant les macles caractéristiques de ce minéral.

GROUPE DE LA LIMONITE

Je range dans ce groupe l'hydrate de fer :

Limonite . . . . . $Fe^4O^3[OH]^6 = 2Fe^2O^3, 3H^2O.$

auquel il faut peut-être ajouter un autre hydrate, la xanthosidérite et un troisième dont cependant l'existence n'est pas établie d'une façon certaine et qui serait à comparer à l'hydrargillite,

Xanthosidérite . $Fe^2O[OH]^4 = Fe^2O^3, 2H^2O.$
Limnite . . . . . $Fe(OH)^3 = Fe^2O^3, 3H^2O.$

Je désignerai en outre sous le nom de *stilpnosidérite* les variétés colloïdes à éclat de poix qui ont souvent la même teneur en eau que la limonite, mais qui sont riches en acide phosphorique d'origine organique, en silice soluble, etc.

La limonite possède des propriétés optiques qui en font une espèce minérale parfaitement définie. La limnite est colloïde et doit être considérée sans doute comme la bauxite de la limonite : il est probable du reste que comme pour les hydrates d'alumine, il existe des types variés d'hydrates de fer colloïdes.

LIMONITE

Fe^4O^3 (OH)^6

Orthorhombique.

Formes et faciès. La limonite n'est pas connue en cristaux distincts, mais seulement en fibres, constituant des masses concrétion-

nées (fig. 3), mamelonnées, botroydes, stalactiformes (fig. 1) d'une infinie variété de formes. Les fibres sont allongées suivant l'axe vertical et dirigées dans les stalactites normalement à leur axe morphologique (fig. 5). Elle forme aussi des masses scoriacées (fig. 4), poreuses ou compactes, parfois terreuses. Enfin, il y a lieu de signaler la fréquence des concrétions pisolitiques ou oolitiques, dont la structure microscopique est étudiée plus loin.

La structure cristalline de la limonite ne se montre, grâce aux propriétés optiques, que dans les variétés fibreuses et concrétionnées.

Clivages. Clivage h^1 (100).

Densité. 3,6 à 4.

Dureté. 5 à 5,5.

Coloration et éclat. La limonite concrétionnée et fibreuse est d'un brun plus ou moins foncé, les concrétions sont souvent extérieurement noires, à surface vernissée surtout dans les types manganésifères.

Les variétés compactes et amorphes sont quelquefois brunes ou noires à éclat de poix (*stilpnosidérite*). Certaines variétés concrétionnées et terreuses sont d'un brun jaune ou jaune d'ocre[1]. Poussière brun jaune.

Fig. 1.
Limonite stalactiforme.

Les fibres ont un éclat soyeux et métalloïde.

Transparente seulement en lames minces.

Propriétés optiques. Plan des axes optiques parallèle au clivage h^1. Bissectrice aiguë *négative*, perpendiculaire à g^1 (010). La dispersion $\rho > v$ est grande, mais non anormale comme celle de la gœthite. L'angle 2 V est grand.

$$N = 2{,}5 \text{ environ.}$$
$$n_g - n_p = 0{,}048 \text{ (Pelikan).}$$

Pléochroïsme. Le pléochroïsme est intense, avec $n_m > n_g > n_p$.

1. Les *ocres jaunes* sont des argiles riches en limonite finement divisée; par leur calcination, on obtient les ocres rouges (v. page 389).

n_g = jaune orangé
n_m = jaune brun
n_p = jaune plus clair.

Composition chimique. La formule de la limonite $2Fe^2O^3, 3H^2O$ correspond à la composition donnée en *a*), la formule $Fe^2O^3, 2H^2O$ (*xanthosidérite*) à la composition *b*) et la formule $Fe^2O^3, 3H^2O^3$ *limnite* à la composition *c*) [1].

d) *Analyse de la limonite de Rancié par Rivot.*

	a)	*b*)	*c*)	*d*)
Fe^2O^3....	85,5	81,6	74,7	85,0
H^2O.....	14,5	18,4	25.3	13,5
SiO^2....	»	»	»	1,5
	100,0	100,0	100,0	100,0

La limonite renferme de nombreuses impuretés quand elle ne se présente pas en fibres homogènes; elle contient alors de l'alumine, de l'acide phosphorique, des acides organiques (acide humique, etc.), de la silice (notamment dans la variété stilpnosidérite) des traces d'acide vanadique etc., sans compter les impuretés dues à des mélanges physiques avec divers minéraux (manganite, quartz), avec de l'argile, etc.

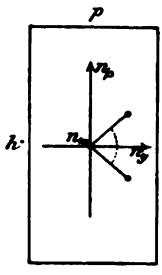


Fig. 2. Plan des axes optiques parallèle à g^1 (010).

Les minerais de fer pisolitiques et oolitiques traités par l'acide chlorhydrique se dissolvent en laissant un résidu de silice gélatineuse qui conserve exactement la forme de l'échantillon attaqué.

On verra plus loin que les minerais de fer hydratés manganésifères sont constitués par des mélanges physiques de limonite et de manganite.

De nombreuses analyses de limonites françaises considérées, comme minerai, et ayant par suite un grand intérêt industriel ont été publiées par Berthier et par M. Carnot au mémoire duquel je renvoie (*A. M.* LXVIII, 5 à 163. 1890).

Essais pyrognostiques. Comme pour la *gœthite.*

Altérations. La limonite se transforme en hématite rouge par perte d'eau. Cette transformation s'observe dans des gisements nombreux, soit filoniens, soit plus souvent sédimentaires (limonite oolitique ou pisolitique). La couleur rouge intense de la poussière n'est pas une preuve de transformation complète; on trouve en effet tous les stades

1. *a.* Fe = 59,8 *b.* Fe = 57,1 *c.* Fe = 52,3.

de la déshydratation et l'on peut se demander si le minéral appelé *turgite*, *hydrohématite*) n'est pas un de ceux-là.

La formule adoptée pour la turgite par les minéralogistes qui la considèrent comme une espèce minérale distincte est $Fe^4O^5(OH)^2 = 2Fe^2O^3, H^2O$. Tous les hydrates à poudre rouge provenant des gisements français que j'ai essayés au point de vue de l'hydratation renferment plus ou moins que 5,3 % d'eau, quantité théorique exigée par la formule précitée. J'emploierai donc le mot *turgite* dans le sens d'hématite en voie de déshydratation, avec poudre rouge sans lui attribuer l'importance d'une espèce définie. La turgite décrépite violemment quand on la chauffe dans le tube.

Inversement la limonite constitue des épigénies d'un grand nombre de minéraux, soit ferrugineux (par oxydation et hydratation) (*sidérite*, *hématite*, *magnétite*, *pyroxènes*, *amphiboles*), soit dépourvus de fer (par moulage ou remplissage) (*calcite*, *barytine*, etc.).

Diagnostic. La limonite se distingue assez aisément de la gœthite, non seulement par l'absence de forme géométrique, par sa couleur et sa teneur en eau, mais encore par ses propriétés optiques : grand écartement des axes autour de la bissectrice aiguë dans la limonite, et absence de la dispersion anormale caractéristique de la gœthite, dont en outre les axes optiques sont peu écartés (voir à *lépidocrocite*).

GISEMENTS ET ASSOCIATIONS

La limonite est le minéral secondaire par excellence, se formant partout où un produit ferrugineux solide ou dissout peut s'oxyder. Aussi, est-ce un minéral banal qu'il n'y a lieu de suivre que dans ses gisements principaux.

Je la considérerai successivement :

1° Dans les roches éruptives et métamorphiques,

2° Dans les sources thermales et les filons,

3° Dans les roches sédimentaires.

4° Comme produit d'oxydation d'objets en fer.

1° *Dans les roches éruptives et métamorphiques.*

La limonite se rencontre dans les roches éruptives et métamorphiques comme produit secondaire formé aux dépens des sulfures (eux-mêmes généralement d'origine secondaire) que renferment ces roches, ou encore comme produit d'altération ultime de leurs éléments silicatés ferrugineux.

Les roches basiques fournissent nécessairement une quantité plus grande de limonite que les roches acides. Aucun des gisements de ce genre n'a d'intérêt minéralogique ni économique, aussi je n'insisterai pas, me contentant de signaler la fréquence des rognons de limonite parfois creux (*ætite*) dans les argiles résultant de la décomposition des basaltes et de leurs tufs et les pseudomorphoses en limonite manganésifère des mamelons de *sphérosidérite*, si fréquents dans les cavités des basaltes du Plateau Central [notamment les environs du Puy (*Haute-Loire*), au Mont-Dore, etc.].

Nouvelle-Calédonie. — Des quantités considérables de limonite, mélangée d'hématite et contenant généralement une quantité plus ou moins grande de chromite (jusqu'à 5,5 % de Cr^2O^3) se trouvent dans la région méridionale de l'île : elles proviennent de la décomposition sur place des serpentines de péridotites. Placés souvent à proximité de la mer, ces gisements peuvent avoir un intérêt économique.

Dans la latérite.

On a vu page 345 que la latérite, provenant de la décomposition atmosphérique sur place dans les pays tropicaux, de toutes les roches silicatées, quelles qu'elles soient (granite, gneiss, diorite, basalte, etc.), est essentiellement constituée par un mélange d'hydroxyde d'alumine et de fer. La limonite s'y concentre très fréquemment sous forme concrétionnée, globulaire, pisolitique, tantôt assez pure (type Rancié), tantôt alumineuse, englobant fréquemment des fragments non altérés (quartz etc.) des roches originelles. Cette limonite souvent en partie déshydratée et rouge (*turgite*) constitue le minerai de fer exploité par les indigènes des régions où on la rencontre. Toutes nos colonies des pays tropicaux (*Guyane*, *Congo*, *Guinée*, *Sénégal*, *Madagascar*, etc.) présentent ce genre de minerai de fer qui n'a pas d'autre intérêt minéralogique.

Berthier a depuis longtemps appelé l'attention sur ce minerai; dans une analyse de celui du Fouta-Djalon (*A. M.* V. 129.1820), il a montré sa richesse en alumine et son analogie chimique avec celui qui accompagne la bauxite de la Provence.

2° *Dans les produits de sources thermales et dans les filons.*

a) *Dans les produits de sources thermales.*

La limonite plus ou moins impure se rencontre aux affleurements

de toutes les sources thermales ferrugineuses où elle résulte de l'oxydation des sels de protoxyde de fer. Elle se dépose sous forme de masses terreuses ou concrétionnées, parfois irisées qui ne présentent guère d'intérêt minéralogique et que je ne cite que pour mémoire.

b) *Dans les filons.*

α) Oxydation de gîtes de sidérite.

Dans presque tous les gisements, filoniens ou non, de sidérite dont il est question plus loin, au-dessus du niveau hydrostatique, ce minéral est transformé plus ou moins complètement en limonite, souvent mélangée d'un peu de gœthite, d'hématite, etc. L'altération se propage en profondeur, suivant les salbandes des filons ou la périphérie des amas; elle gagne de proche en proche le long des fentes et peut même être assez complète pour que le minéral originel ne se voie plus que sous forme de nodules ayant échappé à la transformation : souvent aussi on ne rencontre plus que des pseudomorphoses ayant gardé encore la forme rhomboédrique ou la structure de la sidérite. Mais d'ordinaire la limonite ainsi produite constitue des masses plus ou moins caverneuses ou terreuses, dans les cavités desquelles le minéral bien individualisé se présente sous forme mamelonnée et fibreuse.

Quand la sidérite originelle était manganésifère, ce qui est fréquent, le minerai oxydé est par places lui-même manganésifère. Il renferme alors de la psilomélane, de la manganite, de la ranciéite : ces minéraux sont souvent de formation entièrement postérieure à celle de la limonite fibreuse dont ils recouvrent les mamelons. Dans d'autres cas, il y a alternance dans la production de ces divers minéraux. Quant à la magnésie du carbonate, elle est d'ordinaire éliminée. Enfin des cristaux de calcite se forment comme dernier élément dans l'intérieur des géodes.

Dans un grand nombre de mines françaises, les limonites manganésifères se distinguent de celles qui ne le sont pas, en ce que la surface de leurs mamelons est noire, brillante et vernissée, alors que celle de la limonite normale est brunâtre et terne.

La lépidocrocite est parfois intimement mélangée à la limonite, surtout au voisinage de la surface des échantillons mamelonnés. L'hématite écailleuse se présente souvent aussi en petits amas au milieu de la limonite de ce genre de gisement.

Bretagne. — *Morbihan.* Un filon ferrifère traverse les schistes précambriens de la Solais près Beganne, presque normalement à leur direction ; le seul échantillon que j'ai vu est constitué par une limonite concrétionnée fibreuse du type de celle de Rancié. D'après une indication que m'a fournie M. Davy, il semble probable que le minerai de ce gisement, provient de l'oxydation de sidérite, plutôt que de pyrite ; aucun de ces deux minéraux à l'état intact n'a cependant été recueilli dans les recherches aujourd'hui abandonnées.

Pyrénées. — *Basses-Pyrénées.* La limonite compacte, scoriacée ou concrétionnée et fibreuse, existe aux affleurements des filons de sidérite, signalés plus loin dans l'étude de ce minéral. De beaux échantillons ont été en particulier trouvés jadis dans les mines de Baigorry.

Ariège. La célèbre mine de Rancié se trouve sur les communes de Sem et de Lercoul près de Vicdessos ; c'est un gîte filonien de substitution, intercalé dans les calcaires dévoniens (et non liasiques qui reposent sur eux). Ce gîte est dans son ensemble constitué par un chapelet de lentilles, souvent reliées entre elles par de minces filonnets de minerai ou de terre argileuse. Les minerais se composent essentiellement de nombreuses variétés de limonite, mélangées à de l'hématite et à de la sidérite (avec galène, blende, greenokite), plus ou moins décomposée, qui constitue le minéral originel du gisement.

Au contact du minerai et du calcaire, on observe que celui-ci est corrodé profondément ; il existe généralement une salbande argileuse, et dans le calcaire une zone d'autant moins ferrugineuse que l'on se rapproche davantage du calcaire normal.

Le gisement de Rancié offre une grande analogie avec ceux d'Eisenerz en Styrie et de Hüttenberg en Carinthie, non seulement à cause de son mode de formation, mais encore par la nature des minéraux essentiels ou accessoires que l'on y rencontre.

Le type moyen de la limonite de Rancié est creusé de nombreuses cavités. Les géodes de limonite concrétionnée fibreuse de couleur brune sont fréquentes. Du côté de la limonite compacte on observe souvent une zone de manganite noire fibreuse ou de lépidocrocite, rouge palmée, à laquelle succède la limonite fibreuse, parfois elle-même recouverte par un enduit de manganite fibreuse ou de ranciéite brune à structure micacée. Plus rarement, on voit apparaître des stalactites

de psilomélane. Le dernier élément formé dans les géodes est la calcite ou plus rarement l'aragonite.

La limonite et la sidérite se trouvent aussi à Puymorens dans le gisement de magnétite dont il sera question plus loin.

Les gisements de fer de la vallée de l'Ariège (filon Saint-Pierre près les Cabanes, Urs, Luzenac, Lassur, Gudanes) sont constitués par de la limonite et par de l'hématite provenant de l'oxydation de filons de sidérite.

Pyrénées-Orientales. Les mines de fer exploitées dans le massif du Canigou sont nombreuses; elles se rencontrent dans deux districts distincts, l'un et le plus important se trouve sur le revers Nord du massif, non loin de Prades et de Villefranche de Conflent (vallée de la Tet), l'autre sur le revers Sud du Canigou (vallée du Tech) (Batère).

Dans le district de Prades, les mines sont comprises entre Nyer et Taurinya; elles se trouvent dans les schistes et les calcaires paléozoïques, non loin de la frontière du granite et des schistes métamorphiques qui constituent le haut massif du Canigou. Le minerai forme des filons d'épaisseur variable suivant l'épaisseur des couches traversées, constituant, à la rencontre des calcaires, des amas importants qui se ramifient au milieu d'eux.

Le minerai exploité est surtout constitué par diverses variétés de limonite, renfermant parfois des nodules non transformés de sidérite manganésifère qui paraît au contraire dominer en profondeur. De la magnétite, de l'hématite micacée, de la galène, etc., se rencontrent aussi dans ces gisements. On verra plus loin que ces mines fournissent aussi de la calcite et de l'aragonite. Les principales concessions sont celles d'Escaro, d'Aytra, de Torrent, de Sahorre, du Vernet et surtout de Fillols.

On retrouve tous les types signalés à Rancié : limonite compacte scoriacée, avec belles irisations superficielles, limonite fibreuse mamelonnée ou stalactiforme, offrant les aspects les plus curieux et souvent mélangée de lépidocrocite, de manganite, etc. C'est particulièrement dans les géodes de limonite mamelonnée que se trouvent les enduits ou les masses de ranciéite.

Le district de Batère a une constitution analogue, mais la sidérite manganésifère y domine (concessions de Ballestan, de la Pinouse et de Sarrat-Mayre, de las Indis et de Rogues-Nègres, de la Tour de Batère).

Corbières. — *Aude.* Des filons de limonite ont été exploités à la

Caunette ; ils ne renferment plus que de la sidérite en profondeur. Les minerais de Salsigne ont la même origine.

Cévennes. — *Gard et Ardèche.* La limonite résultant de l'altération de la sidérite constitue une partie importante et souvent exclusive des minerais exploités dans les gisements de Bordezac, du Travers près Bessèges, de Blannaves et de Saint-Florent (*Gard*) ; de Merzelet, de Montgros, Ailhon, etc. (*Ardèche*), qui sont situés dans les calcaires dolomitiques du trias.

Plateau Central. — *Tarn.* Les mines de las Costes, près d'Alban-le-Fraysse, sont exploitées pour la limonite compacte ou poreuse, résultant de l'oxydation de sidérite un peu manganésifère, dont on rencontre fréquemment des géodes de rhomboèdres plus ou moins arrondis, entièrement transformés en limonite. Au milieu de la limonite compacte, se rencontrent des poches tapissées de limonite concrétionnée fibreuse, à surface mamelonnée et vernissée ; il existe aussi un peu de gœthite et des rognons de manganite, ainsi que de la turgite résultant de la déshydratation partielle de la limonite.

Alpes. — *Isère.* On verra plus loin que dans les filons de sidérite des environs d'Allevard, ce minéral est altéré aux affleurements et transformé soit en limonite, soit en hématite manganésifère ; l'altération s'est effectuée aussi suivant les salbandes des filons ou le long des fissures irrégulières traversant les filons eux-mêmes. Cette limonite appelée « *mine douce* » était seule exploitée dans les vieux travaux dont on trouve à chaque pas les traces dans cette région.

Algérie. — *Oran.* D'assez nombreux gisements de limonite, se trouvant au milieu des calcaires jurassiques, doivent être rapportés ici : Djebel Bou-Kerou (avec manganite) à l'Ouest de Nemours, Sidi-Yacoub au Sud de Lalla-Maghnia ; Bab-M' teurba (Rar-el-Maden) (belles géodes avec manganite) à l'Est de Nemours ; Dar-Rih, Ténikrent, Camerata, Sidi-Safi à l'Ouest de Aïn-Temouchent, etc.

Les échantillons de ces gisements que j'ai examinés se rapportent au type commun à Rancié.

Alger. Parmi les gisements ferrifères de cette région, on peut citer le Djebel Hadid, à 45 kilomètres S.-O. de Ténès (dans les calcaires tertiaires et crétacés), Gouraya et Ain-Sadouna (gangue argileuse avec sidérite en profondeur) ; Messelmoun à l'Ouest de Cherchell ; Zaccar-

R'arbi au N.-E. de Milianah (dans le néocomien) ; Bouïnan à l'Est de Blidah.

Constantine. Les gîtes de limonite sont moins nombreux dans ce département que ceux de magnétite et d'hématite ; mais dans ces derniers, la limonite existe souvent aux affleurements (Aïn-Mokra par exemple) ; on peut citer toutefois la limonite comme élément principal à Timezrit, au Sud-Ouest de Bougie dans des calcaires secondaires ; à Masallas (avec manganite), dans le gneiss ; et à Filfila, à l'Est de Philippeville (amas d'hématite, de limonite (mamelonnée fibreuse) avec magnétite dans les schistes (liguriens?) ; Fendeck dans la même région et dans les mêmes conditions ; Djebel-Soud au N.-N.-O. d'Aïn-Beida (avec manganite), etc.

Cambodge. — C'est probablement à cette catégorie de gisement qu'il y a lieu de rapporter la limonite concrétionnée fibreuse de Phnom dek (prov. de Kompong thom) ; elle affecte la forme de celle de Rancié ; elle est accompagnée de sidérite spathique.

β) Oxydation de gîtes de sulfures.

Tous les filons renfermant des sulfures ferrugineux sont, au-dessus de leur niveau hydrostatique, transformés plus ou moins complètement en limonite ; aussi serait-il oiseux de donner la liste de tous les gisements dans lesquels se rencontre ce minéral, d'autant plus que cette limonite ne présente qu'un intérêt minéralogique médiocre. Je renvoie pour cela aux articles : pyrite, marcasite, chalcopyrite, calcite. Je ne m'occuperai ici que de quelques gisements pris pour exemples et présentant quelque particularité intéressante.

α) Gîtes à sulfures ferrugineux dominants.

L'oxydation des gîtes de pyrite offre un intérêt économique, car elle fournit des minerais de fer exploités. Les travaux sont du reste assez rapidement arrêtés en profondeur par la rencontre du gisement intact et l'apparition progressive des pyrites non altérées.

Cévennes. —*Gard et Ardèche.* Dans cette région il y a lieu de signaler les chapeaux d'oxydation des gîtes de pyrite de Saint-Julien de Valgalgues, du Soulier, (*Gard*) et de Soyons (*Ardèche*).

Plateau Central. — *Aveyron.* C'est peut-être à cette catégorie

de gisement qu'il faut rapporter la mine de Kaymar près Lunel qui fournit de nombreuses variétés de limonite, rappelant celles d'Alban-le-Fraysse, et particulièrement les types stalactiformes et concrétionnés, à structure fibreuse; ce minéral est accompagné de magnétite dans une gangue de quartz, avec barytine et fluorine.

Rhône. Un filon de pyrrhotite situé à Claveysolle, est superficiellement transformé en limonite caverneuse dans les cavités desquelles on rencontre souvent encore de petits fragments du minéral originel non transformé; la limonite s'y présente aussi sous forme résineuse.

Saône-et-Loire. La mine de limonite de Chizeuil en Chalmoux, près Bourbon-Lancy exploitée il y a quelques années, est formée par le chapeau de fer d'un filon de pyrite. La limonite s'y présente avec les formes les plus variées; les types extrêmement scoriacés ressemblant souvent à de véritables scories volcaniques (fig. 4) y étaient fréquents, souvent magnifiquement irisés.

Fig. 3.
Limonite concrétionnée fibreuse de la mine de Chizeuil (*Saône-et-Loire*). (*Photographie réduite de moitié*).

On y trouve aussi les variétés concrétionnées columnaires et fibreuses, représentées par la figure 3 (teneur en eau 14, 4%). La lépidocrocite fibreuse accompagne ces variétés de limonite.

Enfin la limonite scoriacée renferme de beaux cristaux de barytine qui sont parfois transformés en périmorphoses creuses de limonite.

Nièvre. Des filons, semblables à ceux de Chizeuil et ayant fourni des variétés analogues de limonite, ont été exploités à Champ-Robert en Chidde, à Arleuf, la Rochemillay; la rencontre en profondeur de la pyrite a arrêté les travaux.

Vosges. — *Alsace.* On a vu plus haut que les filons de Framont paraissent être le résultat de l'oxydation superficielle de pyrite; le minerai dominant est l'hématite, mais la limonite y était autrefois

exploitée à la *mine jaune*. C'est dans celle-ci que se trouvait la phénacite englobée par la limonite. Toutes les variétés habituelles stalactiformes, mamelonnées et fibreuses, compactes de limonite y ont été rencontrées.

β) Gîtes plombifères, zincifères et cuprifères.

Les gisements plombifères, zincifères et cuprifères qui sont tous plus ou moins pyriteux sont généralement très oxydés à leur partie superficielle ; il s'y développe en abondance de la limonite, dont la présence est assez constante pour que les mineurs aient depuis longtemps désigné cette zone d'oxydation sous le nom de *chapeau de fer*. La limonite formée dans ces conditions, n'a pas d'intérêt minéralogique ; elle tire son importance au point de vue où je me place ici, de ce fait qu'elle sert fréquemment de gangue à d'innombrables minéraux métalliques carbonatés (*cérusite*, *malachite*, *chessylite*), sulfatés (*anglésite*, *linarite*, etc.) arséniatés (*mimétite*, etc.), phosphatés (*pyromorphite*, etc.) formés en même temps qu'elle et dans certains cas à des minéraux tels que l'*argent* et le *cuivre natifs*, l'*embolite*, la *cérargyrite*, la *cuprite*, etc. qui ont pris naissance par des réductions plus ou moins complètes, postérieures à l'oxydation de la pyrite. La limonite de ces gisements est généralement caverneuse.

Fig. 4.
Limonite scoriacée de la mine de Chizeuil (*Photographie réduite au 1/3 environ*).

Fig. 5.
Limonite fibreuse. Section transversale d'une stalactite du type de la fig. 1.

Dans quelques mines, la limonite continue à se former dans les galeries où elle constitue des enduits ou des stalactites. Voici quelques gisements cités comme exemple :

Bretagne. — *Finistère*. Les mines de Huelgoat et de Poullaouen

présentaient dans leurs niveaux supérieurs des masses de limonite caverneuses dans lesquelles se trouvaient de l'argent natif, de l'embolite et de la cérargyrite. D'énormes stalactites de limonite, formées d'écailles concentriques peu cohérentes ont été rencontrées aussi dans les mines de Huelgoat.

Corbières. — *Aude.* De la limonite scoriacée et concrétionnée, à irisations remarquables, a été trouvée avec chalcopyrite et calcite dans la mine de las Cabardès.

Cévennes. — *Gard.* De belles stalactites de limonite écailleuse, recouvertes de malachite et de brochantite ont été rencontrées dans la mine de zinc d'Arrigas, par M. de Brun qui a bien voulu me les communiquer.

Algérie. — *Alger.* J'ai observé de belles variétés de limonite fibreuse concrétionnée, provenant des filons cuprifères de Mouzaïa ; elles renferment dans leurs cavités des octaèdres nets de cuprite.

Nouvelle-Calédonie. — Je signalerai la limonite ocreuse jaune et scoriacée du chapeau de fer de la mine de galène Mérétrice à cause des enduits d'argent natif et surtout des magnifiques cristaux de cérusite et d'anglésite qu'elle renferme.

γ) Dans des filons ne renfermant ni carbonates, ni sulfures.

La limonite se rencontre plus rarement comme produit primaire dans des filons ne renfermant ni carbonates, ni sulfures, tel est le cas du gisement suivant :

Plateau Central. — *Saône-et-Loire.* On verra à l'article *romanéchite* que les filons manganésifères de Romanèche, constitués par ce minéral aux affleurements, s'appauvrissent en profondeur où bientôt ils ne sont plus constitués que par de la gœthite, de l'hématite et de la limonite. Celle-ci est soit scoriacée, soit concrétionnée, à cassure mate ou brillante. L'arséniosidérite lui est fréquemment associée, il en est de même de cristaux cubiques déformés de fluorine qui abondent surtout dans ses variétés scoriacées.

Gîtes de nature indéterminée.

Tonkin. — M. Dupouy m'a envoyé une série d'échantillons sur le

gisement desquels je n'ai pas de renseignements précis : les plus beaux d'entre eux sont concrétionnés et fibreux (type Rancié), ils proviennent de Molinham au N.-E. de Thaï-Nguyen et de Giang-Tien, au N.-O de la même localité (type manganésifère).

3° *Dans les roches sédimentaires.*

a) *Comme élément essentiel.*

Les minerais de fer sédimentaires sont principalement constitués par de la magnétite, de l'hématite, ou de la sidérite dans les terrains paléozoïques; la limonite s'y trouve d'ordinaire comme produit d'altération de ces oxydes. Il est probable que cette plus grande abondance des oxydes anhydres dans les terrains anciens tient à ce que la limonite qui a pu s'y produire originellement a subi postérieurement à son dépôt un métamorphisme contemporain de celui qui a modifié les couches sédimentaires au milieu desquelles on la rencontre.

Dans les formations secondaires et tertiaires, au contraire, le minerai ferrugineux dominant est la limonite.

α) Dans les assises paléozoïques.

Silurien.

Normandie, Bretagne, Anjou. — Le niveau ferrifère exploité en Normandie entre les grès armoricains et les schistes à *Calymene* dont il a été question page 278 est quelquefois constitué par de la limonite [Bourberouge, près Mortain (*Manche*)]. Il est souvent possible de démontrer que celle-ci est le résultat de la décomposition d'hématite, de bavalite et peut-être parfois de sidérite (*Orne*, environs de la Ferrière-aux-Étangs, *Calvados*, Jucques, etc, etc. : *Morbihan*, Sainte-Brigitte, près les Salles de Rohan). Les limonites de ce niveau sont souvent phosphoreuses, riches en silice et en alumine.

Les gisements de magnétite du *Maine-et-Loire* situés dans les grès à bilobites, qui sont décrits plus loin, sont d'ordinaire superficiellement transformés en hématite, puis en limonite.

De même, il existe dans les *Côtes-du-Nord*, l'*Ille-et-Vilaine*, la *Mayenne* et la *Loire-Inférieure*, un assez grand nombre de dépôts superficiels de limonite, formant des poches dans les assises siluriennes

et paraissant résulter du remaniement postérieur de dépôts ferrifères contenus dans ces formations anciennes. La limonite est d'ordinaire schisteuse, formant parfois des rognons polis et brillants (riches en fer) dont les dimensions varient depuis celle d'un pois jusqu'à celle de la tête. Voici quelques gisements qui ont été exploités à diverses reprises et dont M. Davy nous a communiqué des échantillons :

Dans le *Morbihan*, aux environs de Fougerets (étang de Vaulaurent. et la Ville-Macé), une limonite phosphoreuse forme des lentilles, interstratifiées dans les schistes de l'étage des grès armoricains ; elle se transforme en profondeur en pyrite. Sur le prolongement de ces gisements vers le Sud-Est, se trouvent dans les mêmes conditions, les exploitations du Haut-Soudéac en Glénac, du Tertre et de la Chouannière ; le minerai originel y a été la sidérite renfermant des mouches de galène, pyrite, etc. Les mêmes particularités caractérisent le gisement de limonite, situé entre l'Oust et la Vilaine (Moulin-Bréhan, la Ferrière, Trobert, la Haillerais, etc. Ces gisements renferment au milieu de la limonite compacte terreuse ou scoriacée des géodes fibreuses du type Rancié, renfermant parfois [Saint-Pierre-la-Cour (*Mayenne*)] de la lépidocrocite.

Dans la *Loire-Inférieure*. Rougé, à 10 km. de Chateaubriant.

Dans le *Maine-et-Loire*. Les gisements de limonite situés entre Loiré et Augué sont identiques aux précédents (avec sidérite).

Dévonien.

Bretagne. — *Finistère*. Des couches de limonite compacte ou concrétionnée ont été exploitées autrefois à la base des grès blancs dévoniens de Landévennec (Kervalac-Lei, Saint-Maudez au Sud de Huelgoat, le Poulmic, Penform, Rosnoën, Tregarvan).

β) Dans les assises secondaires.

Les minerais de limonite oolitique se rencontrent particulièrement dans les assises secondaires ; les plus importants des gisements exploités en France se trouvent dans le lias supérieur, mais d'autres qui ne sont pas sans intérêt économique, sont dans l'infra-lias, le médio-jurassique, le supra-jurassique et dans l'infra-crétacé.

Ces minerais sont essentiellement constitués par des oolites de limonite ayant en moyenne la grosseur d'un grain de millet. Ils sont

jaunes ou bruns, globuleux, ovoïdes ou aplatis. Ils sont disséminés soit dans des calcaires, soit dans des marnes calcaires.

Dans quelques gisements, les oolites sont d'un noir bleuâtre, ou vertes (*Meurthe-et-Moselle*) [*Lorraine*] et sont constituées par de la *berthiérine*; elles sont plus rarement noires, brillantes et contiennent de la titanomagnétite qui leur donne la propriété d'être magnétiques. Dans les gisements (Hayanges [*Lorraine*], Aumetz, Narcy) où se rencontrent ces grains noirs ou bleuâtres, on trouve leur passage aux oolites jaunes; ce fait que j'ai signalé déjà (tome I, page 402), au sujet de la berthiérine, me paraît avoir une importance capitale au sujet de l'origine de la limonite de ces gisements.

Si, en effet, on examine des lames minces taillées dans les minerais de limonite oolitique ou de berthiérine, on constate la même structure. Dans les deux cas, ces oolites sont constituées par des couches concentriques de limonite ou de berthiérine verte ; la structure rappelle celle des grains d'amidon (voir tome I, p. 402, fig. 2). Les oolites se sont formées autour d'un grain de quartz, d'un fragment d'origine organique (bryozoaire, spongiaire, débris de coquilles, etc.). Quand on traite par l'acide chlorhydrique l'une ou l'autre de ces catégories d'oolites, le minéral s'attaque et laisse un squelette de silice gélatineuse conservant la forme de l'oolite. M. Bleicher y a signalé en outre de la matière organique.

Les minerais oolitiques renferment non seulement de la silice, mais de l'alumine, existant parfois en plus grande quantité que celle-ci. Ils sont souvent en outre un peu manganésifères et phosphoreux; ils peuvent contenir des traces de vanadium (Mazenay), de chrome, de zinc, etc.

Des hypothèses nombreuses ont été proposées pour expliquer la formation des minerais de fer oolitiques.

D'après les unes, les oolites ferrugineuses seraient contemporaines des couches ; mais les procédés imaginés pour expliquer leur genèse sont variés. L'idée la plus simple, et qui paraît la plus vraisemblable, tient compte du caractère littoral des assises renfermant la limonite oolitique, et consiste à regarder celle-ci comme formée par sédimentation, grâce à la précipitation dans les eaux de la mer des sels solubles de fer venant de la terre ferme. M. Rolland a récemment défendu cette théorie au sujet des minerais de la Lorraine (*C. R.* CXXXII, 444, 1901) : elle est en opposition avec celle de M. Villain (*Bull. Soc. indus. de l'Est*, 1900), qui considère le fer comme ayant été apporté (à l'état de carbonate)

dans les mers secondaires par des sources thermales ; celles-ci auraient cheminé dans des failles nourricières dont il a cherché à tracer les directions, failles que M. Rolland considère comme postérieures au dépôt des couches ferrifères et ne pouvant par suite servir à les expliquer.

La seconde catégorie de théories attribue une origine secondaire aux dépôts ferrifères ; ceux-ci seraient le résultat d'un phénomène d'épigénie. Cette origine admise par plusieurs géologues allemands pour expliquer les gisements de la Lorraine et du Luxembourg a été récemment attribuée à quelques-uns de ceux qui vont être passés en revue plus loin.

M. Stanislas Meunier (*C. R.* CXXXII. 1008. 1901) regarde le minerai de fer de Lorraine comme le résultat de la transformation sur place, sans altération de structure, de couches antérieurement calcaires. Des solutions ferrugineuses auraient imbibé ces calcaires et transformé des oolites calcaires, (formées par concrétion) en sidérite, plus tard oxydée et changée en limonite ; l'aplatissement fréquent des oolites serait le résultat d'une contraction due à la densité de la sidérite, plus forte que celle de la calcite. M. Camusat qui a surtout étudié le gisement de Mazenay (*Saône-et-Loire*). (*C. R. Congrès soc. scient. Nancy*, 1901. 190) considère aussi le minerai de ce gisement comme d'origine métamorphique. Il serait dû, d'après lui, à une dissolution souterraine qui aurait concentré le fer existant normalement dans le sédiment et apporté en outre du fer enlevé aux roches de couverture.

Je suis surtout frappé de l'identité de structure que présentent (oolites mises à part), dans une même localité, les calcaires extrêmement riches en oolites ferrugineuses et ceux qui en renferment peu et qui passent à des calcaires n'en renfermant pas : cette identité me semble incompatible avec une transformation aussi radicale que celle qui devrait être la conséquence de l'apport postérieur, par un procédé quelconque, de la quantité de fer nécessaire à la production des minerais oolitiques. On comprend très bien que des calcaires puissent être épigénisés en bloc en produits ferrugineux (voir à *romanéchite*) ; mais l'élection du fer dans une partie seulement des éléments de la roche est plus difficile à concevoir.

Il n'est pas nécessaire, du reste, d'admettre l'existence d'eau tourbillonnante pour expliquer la forme des oolites ferrugineuses dans un sédiment en voie de formation. M. Bleicher a en effet signalé leur existence dans les fines cavités d'ossements fossiles, ce qui implique une concrétion sur place, sans mouvement ; celle-ci peut être contemporaine de la consolidation du sédiment.

J'accepte donc volontiers la contemporanéité de la formation des oolites ferrugineuses et des calcaires qui les renferment, et l'origine continentale du fer, mais je ne pense pas comme M. Bleicher (*Bull. Soc. industr. Est.* 1894) que la limonite et la silice aient été concrétionnées directement sous leur forme actuelle. En effet, la production, par oxydation de la berthiérine, d'oolites de limonite ne différant par aucun caractère de ceux des régions où l'on n'a pas observé d'oolites de silico-aluminate de fer, la constance de l'alumine associée à la silice dans les fers oolitiques, me paraissent démontrer que la limonite de ces oolites n'est pas primaire et qu'elle provient dans un grand nombre de cas, sinon dans tous, de la décomposition d'un silico-aluminate basique qui, dans les mers jurassiques et infracrétacées, aurait pris naissance par un mécanisme analogue à celui de la glauconie dans tant d'autres sédiments. On a vu à l'article *hématite* que les hématites oolitiques du silurien de la Normandie et de la Bretagne proviennent, d'une façon évidente, de la décomposition de la bavalite, silicate de fer, analogue, sinon identique à la berthiérine.

Trias.

Berri. — *Cher.* Des rognons de limonite, associés à de l'opale ont été trouvés dans les grès triasiques de la forêt de Bornay près de Sauxais-le-Potier.

Jurassique.

Infra-lias.

Bourgogne. — *Côte-d'Or.* Une couche de limonite oolitique, atteignant 1 m. 25 d'épaisseur, a été exploitée dans l'hettangien inférieur, à Thostes et à Beauregard ; dans cette dernière localité, des fossiles et notamment des bivalves sont transformés en hématite lamellaire.

Saône-et-Loire. De grands gisements de limonite oolitique à gangue calcaire, récemment étudiés par M. Camusat, sont exploités à Mazenay et à Changes par les usines du Creusot; ils se trouvent dans l'hettangien supérieur (dit foie de veau). Les couches minéralisées atteignent une épaisseur de 2 m. 50 et ont été suivies sur 8 km. de long et 1 km. de large : la limonite de Mazenay renferme une proportion notable de vanadium. On y rencontre de la marcasite en nodules rayonnés.

Lias.

De nombreux gisements de limonite oolitique se trouvent dans le lias supérieur (toarcien) ; elle est généralement phosphoreuse et vanadifère, et paraît dans la plupart des cas, consister en une formation littorale.

Les gisements qui vont être passés en revue ont une importance très inégale au point de vue économique.

Plateau Central. — *Ardèche.* Les minerais de fer oxfordiens et calloviens de l'Ardèche sont constitués par de l'hématite, mais ceux du toarcien qui ont été exploités à Saint-Priest sont formés par de la limonite ; celle-ci renferme des géodes de quartz que tapissent de jolis cristaux de calcite et de sidérite.

Aveyron. Un gisement intéressant étudié par Coquand (*B. S. G.* VI. 328. 1849) se trouve à Veuzac ; la limonite oolitique est accompagnée de rognons d'hématite et de magnétite ; ces trois minéraux épigénisent des fossiles. La limonite a été exploitée autrefois à Mondalazac, Memers, etc.

Nièvre. Le minerai dit « du Guétin » a été exploité à Gimouille près Saincaize, à Lurcy et en divers points de la Nièvre ; il consiste en un calcaire pétri d'oolites de limonite.

Champagne. — *Haute-Marne.* Les couches de limonite oolitique de Nogent, aujourd'hui abandonnées, ont été la cause originelle de l'industrie de la coutellerie de cette localité.

Ardennes. — *Ardennes.* Dans les marnes du lias supérieur, quelques lits de limonite oolitique ont été exploités à Villers-sur-Bar.

Lorraine. — *Meurthe-et-Moselle.* Des gisements ferrifères considérables alimentant de nombreuses usines, se trouvent à la frontière de la France (*Meurthe-et-Moselle*), de la Lorraine et du Luxembourg.

Ils forment dans le toarcien, une série de couches souvent lenticulaires dont l'ensemble dépasse parfois 30 mètres. Quelques-unes d'entre elles sont riches en fossiles : en profondeur, ces gisements contiennent, paraît-il, de la sidérite.

La limonite se présente sous la forme d'oolites souvent aplaties, dont le diamètre est en moyenne de 0 mm. 25 à 1 mm. environ ; l'existence

de grosses oolites est d'ordinaire un signe de pauvreté du minerai. Leur surface est brillante et lisse ; leur couleur varie du jaune au brun rougeâtre. Elles sont cimentées par de la calcite, de l'argile ferrugineuse, qui prennent des couleurs variables, blanc, jaune ou vert suivant leur richesse en fer et le degré d'oxydation de celui-ci. Le minerai oolitique passe au calcaire normal par diminution progressive des oolites. La limonite de cette région est toujours phosphoreuse. Dans plusieurs exploitations, on trouve en profondeur un minerai vert ou d'un noir bleuâtre dans lequel les oolites de limonite sont remplacées par des oolites de *berthiérine*, qui représentent très probablement la forme originelle du minerai. Cette berthiérine existe aussi dans la masse du calcaire sous forme de lamelles, indépendantes des oolites.

La formation est constituée par une alternance de couches riches et de bancs calcaires stériles. Dans le bassin de Nancy, elle n'a pas plus de 10 mètres, dans celui de Briey, elle a de 30 à 50 mètres d'épaisseur.

Voici les principales mines exploitées :

Meurthe-et-Moselle. Aux alentours de Nancy, de Pont-St.-Vincent à Marbache nombreuses exploitations souterraines (Chavigny, Marbache, Ludres, la Fontaine-des-Roches, le Val-de-Fer, Boudonville, l'Avant-Garde, Bouxières-aux-Dames, Maxéville, Laxon, Champigneulles, la Grande-Goutte et Frouard). Aux environs de Longwy, de nombreuses mines sont exploitées à ciel ouvert à Herserange, Saulnes, Hussigny et Villerupt, etc. Enfin, il existe plusieurs exploitations souterraines, découvertes par sondages, dans la région de Briey (Conflans, Batilly, Jœuf, Homécourt, etc.).

On verra page 395 que dans cette même région, se trouve un autre type de limonite, pisolitique, à rapporter au tertiaire ou au quaternaire.

[*Lorraine*]. — Dans la Lorraine annexée, les gisements de Moyeuvre et d'Hayanges sont surtout à signaler : c'est dans ce dernier qu'a été pour la première fois trouvée la *berthiérine* (oolites vertes magnétiques).

[*Luxembourg*]. Les minières de Dudelange, etc.

Vosges. — *Haute-Saône.* Il existe des niveaux oolitiques autrefois exploités à Conflans, Velleminfroy.

Jura. — *Jura.* Des oolites ferrugineuses, accompagnées de limonite concrétionnée ont été exploitées à Ougney, Saligney, etc.

Ain. Le minerai oolitique de Villebois se trouve dans les mêmes conditions géologiques que celui de la Verpillière.

Dauphiné. *Isère.* — D'importantes couches de limonite oolitique ont été exploitées à la Verpillière, Saint-Quentin, Panossas, Frontonas, Saint-Marcel (dans la zone à *Hildoc. bifrons*) ; elles sont particulièrement riches en fossiles ; le même minéral se trouve dans les couches à *Harpoc. opalinus* qui recouvrent les précédentes, mais il n'y est pas exploitable. Les cloisons des ammonites de ce gisement renferment parfois des cristaux de gœthite, associés à du quartz et de la calcite.

Médiojurassique.

L'existence d'oolites de limonite est très fréquente dans les assises médiojurassiques et particulièrement dans le bajocien, désigné pour cela sous le nom d'*oolite ferrugineuse* (Bayeux, *Calvados*) ; néanmoins il n'existe en France qu'un petit nombre de gisements dans lesquels cette limonite oolitique ait pu être exploitée. Ce sont les suivants :

Berri. — *Cher.* Tendron-en-Ignol (bajocien).

Nivernais. — *Nièvre.* Les oolites ferrugineuses d'Isenay sont engagées dans une argile ; elles appartiennent au bathonien, souvent extrêmement riche en fossiles.

Jura. — *Doubs.* Les calcaires ferrugineux de la base du bajocien (zone à *Harp. Murchisonæ*) renferment dans quelques localités et notamment à Laissey, des couches assez riches en limonite pour avoir pu être exploitées.

Vosges. — *Haute-Saône.* De nombreuses exploitations ont été autrefois ouvertes dans l'oolite ferrugineuse à Calmoutiers, Fleurey-lès-Faverney, Oppenans, Jusey, Levruy, Vellefaux, etc. Les oolites de limonite (un peu manganésifères), bien sphériques, sont réunies par un ciment argilo- calcaire.

Suprajurassique.

Callovien.

Bassin du Rhône. — *Ardèche.* On a vu, page 281, que le gisement callovien d'hématite de la Voulte renferme à sa partie supérieure, des couches de limonite compacte, peu épaisses d'ailleurs.

Ardennes. — *Ardennes.* Des exploitations minières ont été ouvertes autrefois à Poix, Montigny, Villers-sur-le-Mont, etc. ; le

minerai est une limonite en très petites oolites brunes, disséminées dans une argile souvent pyriteuse.

Les calcaires à chailles de l'oxfordien supérieur de Belval, Tailly Nouart, les marnes calcaires de Villers-le-Tourneur, Neuvizy, Launois, etc. renferment des oolites jaunes de limonite, à aspect doré qui ont fait l'objet de fructueuses exploitations : elles ont un ciment argilo-calcaire ou calcaire.

Bourgogne. — *Côte-d'Or* et *Yonne.* Les marnes à *A. plicatilis* renferment des oolites ferrugineuses qui ont été exploitées à Ancy-le-Franc, Etivey, Châtel-Gérard, Val-de-Jully (dépôt remanié), etc., et aux environs de Châtillon-sur-Seine (*Côte-d'Or*). Ces minerais sont souvent constitués non par de la limonite pure, mais par de la berthiérine renfermant des octaèdres de magnétite et même d'après Berthier (*A. C. P.* XXXV. 247. 1828) de titanomagnétite (Gland près Ancy-le-Franc et Châtillon). Aux affleurements, la gangue de ces minerais est souvent décalcifiée et ceux-ci transformés en hématite.

Infracrétacé.

Les couches ferrifères sont peu importantes dans l'infracrétacé, mais elles présentent une particularité géologique intéressante ; tandis que la plupart des formations ferrifères du jurassique sont marines ou littorales, quelques-unes de celles qui vont être passées en revue sont d'eau douce.

Picardie. — *Pas-de-Calais.* Des couches de limonite se rencontrent dans le wealdien d'eau douce du Bas-Boulonnais (Pellat. *B. S. G.* III. 642. 1873).

Bassin de Paris. — *Oise.* La limonite du néocomien moyen du pays de Bray est le résultat de la transformation de sidérite qu'on trouve à l'état intact au-dessous du niveau hydrostatique (voir à *sidérite*).

Vosges. — *Haute-Saône.* La limonite oolitique a été exploitée autrefois dans une seule localité de ce département, à Percey-le-Grand; ses grains sont parfois magnétiques, ils sont fréquemment déshydratés aux affleurements.

Pyrénées. Corbières. Provence. — J'ai indiqué page 345 que la bauxite de ces régions passe à un véritable minerai de fer pisoli-

tique, alumineux et siliceux, qui a été dans certaines localités exploité pour l'extraction du fer (les Baux). Ce minerai toujours hydraté est constitué soit par de la limonite, soit par de la turgite, très impure, à poudre rouge.

Berri. — *Cher.* Des minerais de fer étaient, il y a peu d'années encore, exploités dans l'infracrétacé (barrémien) du haut Berri. Ils constituent une bande presque continue de l'Ouest à l'Est, depuis Massay jusqu'à Sancerre ; leur niveau correspond à celui de Wassy. Le minerai est constitué par des oolites de limonite (englobées par un calcaire jaune) et par des géodes de limonite (Argile à huîtres de Menetou-Ratel) : il est associé à des argiles fines, blanches, exploitées pour l'industrie de la porcelaine. On l'a recueilli aux Fontaines en Allouis, à Bourgneuf en Saint-Éloy-de-Gy, à Boucard; ce minerai facile à fondre, peu alumineux, mais phosphoreux est désigné sous le nom de *mine chaude* par opposition au minerai en grains de la même région, appelé : *mine froide* (voir page 393).

Champagne. — *Haute-Marne.* Des couches riches en limonite géodique et cloisonnée se trouvent dans les sables de la base du néocomien de cette région (Brousseval).

La limonite oolitique barrémienne des environs de Wassy et de Bailly-aux-Forges renferme des fossiles d'eau douce; son ciment est argilo-siliceux. Elle est recouverte par des argiles marines rouges contenant de l'hématite et constituant la partie supérieure du barrémien (couches rouges de Wassy). Enfin à la base de l'aptien de Wassy, se trouve aussi un minerai de limonite en très petites oolites (minerai milliolitique). Les oolites de limonite de Narcy, près Saint-Dizier renferment fréquemment un petit grain ou un cristal de magnétite ; la limonite de Lotrecey et celle de plusieurs autres gisements est superficiellement déshydratée et transformée en hématite.

Aube. De la limonite oolitique disséminée dans une argile barrémienne a été exploitée à Vendeuvre-sur-Barse ; les oolites fort petites peuvent être facilement dégagées par un débourbage ; elles sont parfois déshydratées. A l'inverse des minerais de Wassy, ceux de cette région sont exclusivement marins.

Jura. — *Doubs.* A Métabief (valanginien).

Ardennes. — *Ardennes.* De nombreuses mines ont été ouvertes

dans le gault de l'arrondissement de Vouziers ; bois de Loges, Grandpré, Chevières, Marey, Champigneulle, etc. ; les grains oolitiques de limonite sont englobés dans une argile sableuse. La couche ferrugineuse atteint jusqu'à 3 m. d'épaisseur ; ces minerais sont faiblement chromifères et contiennent des traces de zinc qui se retrouvent dans les cadmies des hauts fourneaux où on les traite.

Bassin du Rhône. — *Vaucluse.* Des minerais de fer et de l'ocre jaune se trouvent dans les sables bariolés du sommet du gault de la plaine d'Apt : l'ocre est exploitée aux Tamisiers.

Supracrétacé.

Bourgogne et Nivernais. — *Yonne. Nièvre.* Les argiles de la base du cénomanien de la Puisaye [Pourrain, Parly, Diges et Sauilly (*Yonne*), Saint-Amand-en-Puisaye (*Nièvre*)], se chargent de limonite et sont depuis deux siècles, exploitées pour la fabrication des *ocres.* Les couches ocreuses ont une épaisseur variant de 0 m. 5 à 2 m. ; elles débutent à la base par un niveau constitué par de la limonite concrétionnée, avec géodes remplies de limonite pulvérulente. On observe ensuite une couche de quelques centimètres, constituée par des grains et des rognons de limonite, réunis par un peu d'argile, puis vient une couche d'un jaune foncé, très riche en limonite faisant difficilement pâte avec l'eau, c'est l'*ocre fine.* Enfin la formation se termine par une zone plus épaisse, jaune pâle (*ocre commune*), faisant pâte avec l'eau, mais moins liante que l'argile normale.

L'ocre commune et l'ocre fine sont desséchées, broyées, puis lavées et soumises à certains traitements pour obtenir les différentes qualités d'ocre jaune. Par calcination à l'air, le produit est déshydraté et transformé en ocre rouge (hématite) dite, « *minium de fer* ».

L'industrie de l'ocre très florissante à Auxerre (12 à 13.000 tonnes par an) utilise en outre, d'après les documents qui m'ont été fournis par M. Lechiche, divers autres produits ferrifères, résultant de la calcination de sidérite lithoïde, soit en vase clos (ocre noire formée essentiellement de magnétite) soit à l'air libre (ocre constituant des terres de Sienne ou des terres d'ombre). La combinaison de ces produits avec une argile blanche, permet d'obtenir des nuances variées de couleur utilisées pour la peinture à la détrempe ou à l'huile.

Berri. — *Cher.* L'ocre jaune était exploitée dans la première par-

tie du siècle dernier aux environs de Vierzon, ou plus exactement à Saint-Georges-sur-Cher ; elle se trouve à la base du cénomanien. Cette ocre a été désignée sous le nom de *vierzonite* par Bristow (*A glossary of mineralogy*. 398. 1861.), elle est constituée, elle aussi, par de la limonite mélangée à de l'argile, c'est à ce titre que je l'ai citée t. I, p. 488.

γ) Dans les assises tertiaires.

La formation du minerai de fer en grains occupe de vastes espaces dans plusieurs régions de la France. Elle consiste en poches généralement superficielles, plus ou moins profondément creusées dans les calcaires d'âge varié (particulièrement jurassique), mais toujours antérieurs à l'éocène. Elles sont remplies par une argile ferrugineuse, riche en grains, plaquettes, ou nodules de limonite. On trouve tous les passages entre les concentrations irrégulières de limonite et les pisolites bien formés. Ceux-ci sont plus ou moins sphériques, concrétionnés, à surface lisse ; leur couleur est le brun ou le jaune. Parfois creux, ils renferment alors à leur centre de l'argile. Ils ont en moyenne de 6 à 8 millimètres de diamètre, mais atteignent parfois 1 centimètre et on trouve parmi eux des nodules plus gros, véritables *ætites*. Ils sont fréquemment réunis en grand nombre par un ciment ferrugineux et constituent alors des nodules de plus grande dimension.

Dans cette formation, on trouve aussi des masses cloisonnées, des rognons tuberculeux, géodiques, à surface interne mamelonnée et à structure fibreuse (limonite, type Rancié).

On rencontre dans certaines régions (Franche-Comté), aux affleurements, et particulièrement dans les parties décalcifiées, des pisolites déshydratés et transformés en hématite. Souvent aussi, ils sont magnétiques et l'on y constate la composition des oolites vertes des terrains secondaires (berthiérine + magnétite) (Berri, Franche-Comté).

Enfin, les grains de limonite sont souvent mélangés de grains noirs plus légers, souvent creux, riches en manganèse (*mine brûlée*), avec parfois des traces de cobalt, des grains de pyrite (mines soi-disant cuivreuses). Il semble qu'en moyenne, les pisolites soient d'autant plus riches en fer qu'ils sont plus réguliers ; ils sont parfois assez alumineux et passent à la bauxite. Ils contiennent de l'acide phosphorique, des traces d'acide vanadique, etc.

L'examen microscopique fait voir que les pisolites de limonite ont

une structure très analogue ou identique à celle des oolites ferrugineuses. Il existe un ou plusieurs corps centraux, constitués par un fragment minéral (quartz, feldspath), ou organique (débris de foraminifères, de spongiaires, de coquilles), entourés par des zones concentriques de limonite.

L'attaque par un acide laisse un squelette de silice comme pour les oolites et l'on vient de voir que parmi les oolites de beaucoup de gisements, il s'en trouve qui renferment de la berthiérine et de la magnétite. Il est donc légitime de se demander si, dans bien des cas, le pisolite n'a pas été originellement constitué par un silicoaluminate de fer.

Les opinions les plus diverses ont été émises sur l'origine et l'âge de ces minerais ; ils ont été décrits comme minerais d'alluvions, puis rattachés comme âge au jurassique et enfin au tertiaire. Quelques géologues les considèrent encore comme d'un âge uniforme (sidérolitique-oligocène). Il semble bien démontré cependant aujourd'hui qu'ils sont, suivant les gisements, d'âge très varié, s'échelonnant depuis l'éocène jusqu'au quaternaire.

Au point de vue de l'origine, des opinions non moins contradictoires ont été émises. L'origine hydrothermale émise en 1828 par Alex. Brongniart et pendant longtemps admise sans contestation, a été récemment exposée à nouveau par M. de Grossouvre[1] (*A. M.* 1886. 55, et *B. S. G.* XVI. 287. 1888) qui admet que les cavités coniques, renfermant le minerai dans le Berri ont été creusées per *ascensum*.

Des observations récentes tendent à faire adopter la théorie, exposée par M. Van den Broek[2] ; d'après celle-ci, la limonite pisolitique serait le résultat du concrétionnement du fer dans le résidu de la décal-

1. L'existence de traces de zinc, de plomb, de cobalt, de manganèse a été invoquée comme argument en faveur de l'hypothèse hydrothermale ; on ne saurait en tirer une semblable conclusion ; ces corps existent à l'état de traces dans tous les sédiments. On a vu au cours de cet ouvrage, des exemples de galène, de blende, etc., constituant des mouches au milieu de terrains sédimentaires, dans des conditions telles, qu'il n'est pas possible de songer pour eux à une origine profonde.

2. Dans le compte rendu d'une excursion dans le Berri (*C. Rendu Congrès géol.* 1900. 929. 1901), M. de Launay admet bien que le fer provient d'une attaque superficielle des sédiments, mais il considère le concrétionnement de la limonite comme produit dans des bassins lacustres au milieu desquels débouchaient des sources bicarbonatées ayant facilité la formation de l'argile d'origine chimique qui englobe le minerai.

cification de sédiments ayant, à un moment donné, recouvert les formations calcaires sur lesquelles reposent les gisements sidérolitiques ; les poches auraient donc été remplies *per descensum*. Certains gisements de limonite pisolitique, tels que ceux qui sont associés aux meulières de Brie des environs de Paris, ont incontestablement cette origine. On a vu du reste plus haut (voir à *bauxite-latérite*), que des pisolites ferrugineux ayant la structure de ceux qu'il s'agit d'expliquer et souvent une composition voisine peuvent se concrétionner sur place, sans qu'il y ait eu intervention soit de mouvement, soit de sources thermales. La fréquence de produits siliceux (opale, etc.) dans les argiles sidérolitiques n'est pas une objection à la théorie qui vient d'être exposée.

Je donne ci-après l'indication de quelques gisements de minerais en grains pris parmi les *principales* régions françaises où ils ont été exploités, j'y ai joint l'indication de quelques gisements bretons de limonite :

Normandie et **Bretagne, Maine** et **Anjou**. — Il existe dans ces régions de très nombreux gisements superficiels de limonite qui doivent être considérés comme résultant du remaniement des dépôts ferrifères du genre de ceux qui ont été décrits dans ce livre à divers niveaux paléozoïques. La limonite plus ou moins concrétionnée est généralement engagée dans une argile ferrugineuse renfermant des fragments imparfaitement altérés et très imprégnés de la roche originelle.

Ces gisements ont été exploités pendant plusieurs siècles. On peut citer comme type les gisements suivants :

Côtes-du-Nord : Menez.

Morbihan : Elven.

Ille-et-Vilaine : Montauban-de-Bretagne, la forêt de Paimpont, les environs de Redon.

Loire-Inférieure : environs de Nozay, de la Meilleraie, etc.

Mayenne. Les gisements analogues de l'Embuche, de Feu-Vilaine, etc., se trouvent à la surface de calcaires dévoniens.

Sarthe. Parmi les nombreux gisements superficiels de limonite, jadis exploités dans ce département, il y a lieu de citer l'ancienne minière des Bérions à Montreuil-le-Chétif, qui était très riche en petites ætites aplaties, remplies de limonite terreuse jaune ; la limonite pisolitique, cimentée par une argile brun verdâtre se trouve en Milesse et Aigné, à 7 km. au Nord-Ouest du Mans.

C'est de ce même genre de gisement que proviennent de beaux échantillons de stilpnosidérite que possède la collection du Muséum, avec l'indication « environs du Mans ». A citer encore les bois de la Pannelière, Saint-Calais (variété pisolitique), etc.

Touraine. — *Indre-et-Loire.* La Pâquerie en Villiers, La Reignière en Luzillé, Chambray, Chesnaye en Athée, Azay-sur-Cher, Reignac, Pinçon, la Bégonnière en Cangy, la Ferrière en Neuillé, Brèches, Laferrière, Grand Pressigny, Nouans, la Forêt de Saint-Aignan, etc.

Loir-et-Cher. Autainville, Couffy, Noyers, Châteauvieux, Danzay, Santenay, Mondoubleau, Châtillon-sur-Cher, etc.

Berri. — *Cher.* Les gisements sidérolitiques qui ont eu la plus grande importance économique sont ceux du Berri ; ils sont exploités depuis la période romaine. Les principales localités à citer sont les suivantes : Groupe de l'Est ou de l'Aubois : Menetou-Couture, Le Chautay, Torteron et la Guerche ; dans les minières de Bernay, on trouve en outre du gypse. Groupe de l'Ouest : La Chapelle Saint-Ursin (traces de cobalt), Bordes, Ignou, Dun-le-Roi, dans la vallée de l'Auron ; Saint-Florent, Chanteloup, dans la vallée du Cher ; divers gisements dans les vallées de l'Yèvre (Saint-Doulchard et Allouis, etc.), et enfin dans la vallée de l'Arnon, ceux de Massay, Poisieux, Mareuil, etc.

M. de Grossouvre qui a étudié en détail ces gisements (*A. M.* X. 311. 1886) les décrit comme des poches en forme de cônes renversés, communiquant à l'extérieur par leur base ou bien des poches ou des pseudofilons à renflements et étranglements, se trouvant dans les calcaires, s'y développant horizontalement ou verticalement et pouvant dans bien des cas, être recouverts par le calcaire du Berri qui serait par suite postérieur à la production du gisement.

Le calcaire dans lequel se trouvent ces poches est jurassique. Le remplissage est formé par une argile plastique ferrugineuse, veinée de blanc (terrage) qui englobe les grains pisolitiques de limonite. Entre les parois de la poche et le calcaire normal, se trouve tout d'abord une zone (castillard) de calcite spathique de moins en moins riche en grains de minerai, puis des marnes blanches renfermant des noyaux de calcaire corrodés, une zone de calcaire saccharoïde, puis des calcaires lithographiques.

La limonite pisolitique de cette région est très alumineuse (jusqu'à 23 % d'Al^2O^3) avec en moyenne 11 % de SiO^2, ce qui indique un passage à la bauxite ; la teneur en phosphore ne dépasse pas 0,40 % ; il

existe des traces de cobalt, de zinc, de plomb et des proportions plus importantes de manganèse.

Allier. Région de Montluçon.

Indre. Luçay-le-Mâle, Faverolles et Saint-Sournin près Châtillon-sur-Indre, Sainte-Fauste (beaux nodules de la grosseur du poing, formés par des pisolites réunis par de la limonite compacte).

Poitou et Périgord. — *Vienne.* De nombreux gisements se trouvent sur le prolongement de ceux de l'Indre et de ceux dont il va être question plus loin dans la Charente ; ils se trouvent particulièrement dans l'arrondissement de Montmorillon (La Rivière, Journet, Coulonges, Martreuil, environs de Lupchapt, de Verrières, etc).

Charente. De nombreux gisements ferrifères et manganésifères se rencontrent dans divers points de ce département. Ils sont associés à des silex et à des opales jaspeuses dans des argiles bariolées. Le minerai est de la limonite en pisolites ou en rognons souvent creux, ceux-ci sont alors fréquemment mamelonnés et fibreux, à surface parfois irisée (Bonnes). Les gisements à citer sont : le Bouchage, Moutardon et les Adjots dans l'arrondissement de Ruffec ; Lussac, Suaux, Taponnat, Vitrac, Saint-Adjutory dans l'arrondissement de Confolens ; Sauffrignac, Mainxac, Charras, Combiers dans celui d'Angoulême et Montmoreau dans celui de Barbézieux. C'est dans ces mêmes argiles, que se rencontrent la *confolensite*, la *bauxite* et la *psilomélane*.

Dordogne. Beaumont, Excideuil (voir à *psilomélane*), etc.

Quercy. — *Lot.* De nombreux gisements de minerai de fer, en poches dans les calcaires secondaires, ont été exploités dans le Lot. On peut citer les suivants qui ont fourni d'intéressantes variétés de limonite : Montbrun (rognons tuberculeux de limonite à structure fibreuse, formés parfois autour d'un nodule de quartz), Vers (géodes de limonite fibreuse), Saint-Cirq, les Arques et Goujounac, roc des Ferrières au Sud de Montcléra (énormes rognons de limonite), Calassou au Nord de Cazes (nombreuses et belles ætites, à enveloppes concentriques).

Tarn-et-Garonne et Lot-et-Garonne. Les gisements de phosphorite qui se trouvent à la limite de ces départements et particulièrement aux environs de Caylus et de Saint-Antonin (*Tarn-et-Garonne*) renferment en abondance dans des argiles ferrugineuses phosphatées (voir à *phosphorite*), de la limonite pisolitique, parfois agglomérée par de la phos-

phorite. Cette association de phosphorite et de limonite pisolitique identique à celle des gisements du Berri et du même âge, a une grande importance théorique en montrant la connexité des phénomènes qui ont donné naissance à ces deux catégories de minéraux. Les bords de la Lémance près de Fumel, ont fourni un minerai de fer pisolitique renommé, etc.

Bassin de Paris. — Dans les environs de Paris : Sèvres, Meudon, Plessis-Piquet près Fontenay-aux-Roses (*Seine*), Vilbon (*Seine-et-Oise*) (limonite pisolitique ou concrétionnée, associée à de la psilomélane ferrifère), Ferrières, Ozouer-la-Ferrière (*Seine-et-Marne*), etc. Ces gisements résultent de la décalcification des calcaires de Brie et de Beauce, la limonite y accompagne les meulières. On la trouve entre les argiles à meulières qu'elle pénètre et le limon superficiel. M. de Lapparent qui a trouvé le même minéral cimentant des pondingues, non plus sur des plateaux, mais à une faible altitude dans le pays de Bray, les considère comme de formation récente, postérieure au creusement des vallées.

Ardennes. — *Ardennes.* De nombreux gisements de limonite, tantôt stalactiformes (petits tubes accolés, minerai en clous), tantôt en grains à surface luisante ont été exploités à la surface des calcaires jurassiques [Harancourt (avec nodules d'halloysite blanche ou blonde), Bulson, etc.], et aussi au voisinage de la limite du lias et des assises paléozoïques (Signy-le-Petit, la Ferté, etc.)

Champagne. — *Haute-Marne.* Les calcaires portlandiens des environs de Wassy sont creusés de poches, remplies de limonite géodique, qui provient du remaniement à l'époque quaternaire des limonites néocomiennes de la région : Poissons, etc.

Lorraine. — *Meurthe-et-Moselle.* Les calcaires de l'oolite inférieure des environs de Briey et de Thionville (Chavigny, Saint-Pancré, Ville-Hendlemont) sont creusés de poches (avec ramifications souterraines) que remplit une argile riche en pisolites et en rognons caverneux de limonite à gangue quartzeuse (cristaux de quartz dans les cavités) et en fragments de quartz. Cette limonite (*minerai fort*) est peu phosphoreuse et a été longtemps exploitée.

Enfin, dans quelques localités (Russange, Florange), on a exploité dans le diluvium, au pied d'escarpements jurassiques, des amas de petits fragments roulés de limonite, engagés dans du sable et provenant du remaniement par les eaux de limonite liasique.

Belfort. Roppe, Pérouse, Chévremont.

Franche-Comté. — *Haute-Saône*. Autray, Gray, Pesmes, Marnay, Montbozon, etc. Il existe souvent jusqu'à 1/10 des grains attirables à l'aimant (voir Thirria. *A. M.* XIX. 49. 1851).

Jura. — *Doubs*. Environs de Montbéliard.

Jura. Petit-Mercey, Louvatange, Echevannes, Jancigny, Étrépigney, etc.

Bourgogne. — *Yonne*. Yrouère et Sambourg, etc.

Côte-d'Or. Magny, Saint-Médard, Beire-le-Châtel, etc.

δ) Quaternaire et période actuelle.

Minerai des marais, des tourbières, des lacs.

Des dépôts souvent considérables de limonite s'observent dans les pays bas et marécageux. Ils se forment actuellement à une faible distance de la surface et il est, dans bien des cas, possible de suivre les diverses phases de leur formation ; leur production est assez rapide, car on connaît des régions où des dépôts exploités se sont reproduits au bout d'une trentaine d'années.

Ces gisements de limonite se trouvent au voisinage de cours d'eau peu rapides et marécageux ou dans les lacs où débouchent ces derniers. Le minerai gît d'ordinaire à 2 ou 4 centimètres, rarement à 1 mètre de la surface ; il est recouvert de bruyère, de gazon, de tourbe. On l'observe au milieu du sable, en rognons ou en nodules, parfois isolés, souvent réunis en couches plus ou moins irrégulières. Dans les lacs, ces nodules présentent parfois une structure concentrique rappelant celle du fer pisolitique.

Cette limonite appartient souvent à la variété *stilpnosidérite* ; elle est alors amorphe, d'un brun jaune ou d'un brun foncé ; sa cassure est résineuse, à aspect de poix ; elle est fragile. Dans d'autres cas elle offre l'aspect habituel de la limonite compacte, concrétionnée et terreuse. Elle renferme de nombreuses impuretés : acides siliciques,

phosphorique, acides organiques, etc. ; elle contient fréquemment des nids de vivianite et des inclusions de quartz.

L'origine du fer transporté par les eaux, qui donne naissance à cette formation de limonite, doit être recherchée dans le substratum (roches altérées sur place, limon, etc.). Le fer à l'état de sesquioxyde est réduit par les matières organiques en décomposition et transformé en sels d'acides organiques et en carbonate ferreux. Ceux-ci, dissous dans l'eau, sont oxydés par l'oxygène de l'air, à leur arrivée au jour, ou bien sont décomposés, même à l'abri de l'air, par des *ferrobactéries* en cellules cylindriques, associées à des filaments (*Leptothrix ochracea*, *Crenothrix polyspora*), qui ont besoin pour vivre d'absorber dans leur protoplasma des sels ferreux. Ceux-ci s'y oxydent et se transforment en sels ferriques que secrètent les cellules ; le Fe^2O^3 imprègne alors leurs membranes et leur gaine gélatineuse. Le rôle physiologique de ces ferrobactéries comparable à celui des sulfobactéries (Tome II, p. 373), a été bien mis en lumière par M. Winogradsky (*Botan. Zeit.* 1888. 260), qui a montré la facilité avec laquelle on peut en faire des cultures dans les laboratoires.

Dans les marais et partout où les eaux sont stagnantes, l'évaporation est particulièrement rapide et détermine un dépôt ferrugineux. La surface de l'eau se couvre souvent d'un enduit irisé, le fond se tache d'une rouille ocreuse, et l'on trouve à peu de distance de la surface, des rognons ou des gâteaux de limonite, encroûtant des grains de sable et des débris organiques ; ceux-ci peu à peu se transforment eux-mêmes en limonite et sont souvent mélangés de vivianite.

Dans les tourbières, le minerai se dépose par le même mécanisme, soit à la base de la couche de tourbe, soit au milieu de celle-ci. Dans une étude récente des tourbières de Hollande, M. van Bemmelen signale (*Arch. néerl. sc.* IV. 19. 1900) au milieu de la limonite de la base de quelques tourbières, l'existence de carbonate de fer amorphe, de cristaux de vivianite et de sidérite s'oxydant pour donner de la limonite. Quant au minerai déposé dans la tourbe elle-même, il est constitué exclusivement par du carbonate amorphe, de la sidérite et un peu de vivianite. Il n'est pas douteux, d'après cet auteur, que le minerai des marais ne se soit fait de bas en haut par ascension des eaux ferrugineuses du sous-sol qui est constitué par un sable aquifère amenant les eaux des terrains sablonneux plus élevés. C'est aussi la conclusion à laquelle m'a conduit l'étude de la formation de la limonite dans le

petit étang marécageux de Saint-Laurent-lès-Mâcon (*Ain*).

La précipitation du Fe^2O^3 dans les marais et les lacs a été aussi attribuée à des diatomées, à des characées, mais le fait demande confirmation.

Landes. C'est à un mode de formation analogue à celui qui vient d'être décrit qu'il faut rapporter la limonite autrefois exploitée dans le sable des Landes, au voisinage de Dax et à l'Ouest de cette ville. Cette limonite était traitée dans les hauts fourneaux au bois de Labouheyre, Baglose, Uza, Castet, Ponteaux, etc. Elle se trouve parfois dans les collections avec l'indication de l'une de ces localités ; les dernières minières (à ciel ouvert) exploitées se trouvent à Péchicot et à Hardy, non loin de Saint-Paul-lès-Dax.

Les gisements se rencontrent dans des dépressions du sol, à quelques décimètres de la surface. Il existe deux catégories de minerai, le plus riche est formé par des globules, réunis en nodules et empâtant un peu de sable, beaucoup de débris végétaux (bois, écorce, glands parfois entiers, etc.) ; la seconde forme des amas et des gâteaux de dimension parfois assez grande ; ils sont cloisonnés et très riches en sable.

Le minerai des Landes présente souvent au plus haut point les caractères du minerai des marais ; c'est alors une stilpnosidérite brune ou noire à éclat de poix très vif, fragile, et généralement riche en acide phosphorique. On trouve aussi des variétés concrétionnées, et terreuses de limonite de couleur jaune.

On donne le nom d'*alios* à un sable quartzeux agglutiné par de la limonite et des matières organiques ; il existe à une faible profondeur non seulement sous le sable des dunes des Landes, mais encore sous le cailloutis du Médoc (*Gironde*), sous le sable des forêts de Chantilly (*Oise*) et de Fontainebleau (*Seine-et-Marne*), etc. C'est une formation actuelle semblable à celui du minerai des marais, résultant de la concentration dans la nappe souterraine d'infiltrations de matériaux dissous venant de la profondeur à la surface. La concrétion se produit en été, au fur et à mesure de l'évaporation de la nappe souterraine.

b) *Comme élément accessoire.*

La limonite se rencontre comme produit de pseudomorphoses dans toutes les formations sédimentaires renfermant de la pyrite ou de la marcasite sous forme de cristaux, de nodules, d'épigénies de fossiles, etc.

Il me paraît inutile d'y revenir et je me contente de renvoyer au tome II où ont été énumérés quelques exemples typiques de ce genre de gisement, dans quelques cas ces épigénies de pyrite sont formés par hydrates moins riches en eau que la limonite.

Je rappellerai cependant qu'à Montgeux (*Aube*), les nodules de marcasite donnent par leur décomposition, des géodes de limonite remplies de soufre natif.

Ætites

La limonite se trouve aussi dans ces mêmes formations sous forme de concrétions ne constituant que des accidents sans intérêt économique et que par suite, je n'ai pu citer dans le paragraphe précédent. Ce sont des masses plus ou moins volumineuses, véritables géodes, creuses, munies d'un noyau argileux ou sableux mobile, qui sont appelées *ætites* ou *pierres d'aigle*.

Fig. 6.
Ætite (pierre d'aigle) de Saint-Jean-de-Luz (*Basses-Pyrénées*). (*Photographie, réduite au 1/3 environ.*)

La production des ætites est souvent tout à fait récente, ainsi qu'en témoigne une géode de ce genre trouvée en 1845 dans une terre des environs de Périgueux (*Dordogne*) (Marrot, *B. S. G.* III. 527. 1846) : elle contenait 200 pièces d'argent du XV^e^ et du XVI^e^ siècles, elles-mêmes encroûtées par le même minéral.

Voici quelques gisements ayant fourni, à ma connaissance, de très beaux spécimens d'ætite ; il serait facile de les multiplier.

Bretagne. — *Morbihan*. Carentoir.

Pyrénées. — *Basses-Pyrénées*. Environs de Saint-Jean-Pied-de-Port (fig. 6) et Côte des Basques à Biarritz (cavités de plusieurs litres de capacité) (dans les assises nummulitiques?).

Plateau Central. — *Haute-Loire*. Laval, Polignac, Taulhac, Ceyssat, etc.

Puy-de-Dôme. Environs d'Issoire. (dans l'oligocène.)

Saône-et-Loire. Environs de Mâcon.

Dombes. — *Ain*. Aux environs de Trévoux, dans les Dombes, on rencontre en grande abondance, des ætites, dont les unes renferment de

l'eau, les autres un noyau mobile, alors que beaucoup d'entre elles sont vides ; elles se trouvent à divers niveaux des sables à *Mastodon arvernensis* du pliocène moyen : elles ont été souvent citées par les anciens auteurs.

Stalactites de limonite.

Les schistes riches en pyrites sont souvent à leurs affleurements profondément altérés par les eaux vitrioliques résultant de l'oxydation de ces minéraux. Ces eaux laissent déposer au voisinage de la surface des enduits terreux ou scoriacés de limonite : quand il existe des fissures ou des cavités, la production de la limonite peut avoir lieu sur une plus grande échelle et fournir des échantillons intéressants : tel est le cas pour les deux gisements suivants.

Bretagne. — *Finistère.* Des stalactites de limonite ont été trouvées par M. de Limur à Douarnenez dans une grotte creusée sur les bords de la mer dans des schistes paléozoïques. Elles atteignent 1 mètre de longueur. L'échantillon que j'ai examiné n'a que 20 centimètres. Le minéral est fragile ; les écailles peu cohérentes qui le constituent laissent des vides entre elles : elles ont une cassure résineuse, à éclat très vif.

Pyrénées. — *Haute-Garonne.* Les schistes siliceux (siluriens) des environs de Bagnères-de-Luchon renferment fréquemment de la limonite produite par la décomposition des pyrites qui y sont très abondantes. La grotte du Chat près Montauban est célèbre par les concrétions de limonite magnifiquement irisées qu'elle renferme et qui n'ont pas une autre origine.

4° *Comme produit d'oxydation d'objets en fer.*

En terminant, je rappellerai que la *rouille*, qui recouvre les objets en fer placés à l'humidité, est constituée par une variété de limonite à cassure souvent résineuse. Quand l'objet oxydé est placé dans le sol, la limonite agglutine les grains de sable voisins et se concrétionne. L'attaque de cette limonite par l'acide chlorhydrique montre parfois l'existence d'un squelette de silice gélatineuse.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS

THIS BOOK IS DUE ON THE LAST DATE
STAMPED BELOW

RENEWED BOOKS ARE SUBJECT TO IMMEDIATE
RECALL

LIBRARY, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, DAVIS

Book Slip—50m-8,'68(D9954s4)458

Call Number:

308875
Lacroix, A.
Minéralogie de la
France.

QE381
F8
L3
v.3

Lacroix
QE 381
F8
L3
v.3
pt.1

PHYSICAL
SCIENCES
LIBRARY

LIBRARY
UNIVERSITY OF CALIFORNIA
DAVIS

308875